

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE**

**ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**EFFECTO AGUDO DE DOS TIPOS DE ALIMENTO SOBRE LA  
UTILIZACIÓN DE LÍPIDOS EN REPOSO Y POSTERIOR A UN  
EJERCICIO AL  $FAT_{MAX}$  EN SUJETOS CON SOBREPESO**

**Por**

**RUTH ISABEL REYES DOZAL**

**PRODUCTO INTEGRADOR**

**TESINA**

**Como requisito parcial para obtener el grado de  
MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE CON  
ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO**

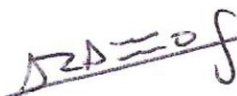
**Nuevo León, Julio 2020**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**

## SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

Los miembros del Comité de Titulación de la Maestría en Actividad Física y Deporte integrado por la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Reporte de Prácticas/Tesina titulado/a “Programa de Actividad Física y Deporte” realizado por el Lic. Ruth Isabel Reyes Dozal, sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento.

### COMITÉ DE TITULACIÓN



---

Dr. Arnulfo Ramos Jiménez  
Director



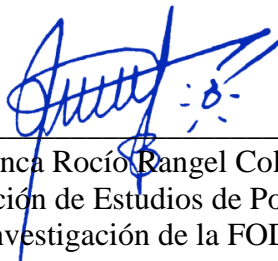
---

Dra. Myriam Zarzá García Dávila  
Co-director



---

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero  
Co-asesor



---

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero  
Subdirección de Estudios de Posgrado e  
Investigación de la FOD

Nuevo León, julio 2020

## **Agradecimiento**

Primero que nada agradezco a Dios, por permitirme conocer a cada una de las personas que se involucraron en auxiliarme para que este proyecto se pudiera cumplir, agradezco que a pesar de todos los obstáculos se pudo salir adelante. A mi familia, porque sin su apoyo incondicional y constante no estaría aquí. Mi total respeto y agradecimiento a mi padre Mtro. José Trinidad Reyes Portillo, mi madre Mtra. Ruth Dozal González, a mi director de tesis Dr. Arnulfo Ramos Jiménez personas importante en estos dos años. Agradezco que esto haya terminado.

## FICHA DESCRIPTIVA

Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Organización Deportiva

Fecha de Graduación: Julio 2020

RUTH ISABEL REYES DOZAL

Título del Producto Integrador: EFECTO AGUDO DE DOS TIPOS DE ALIMENTO SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LÍPIDOS EN REPOSO Y POSTERIOR A UN EJERCICIO AL  $FAT_{MAX}$  EN SUJETOS CON SOBREPESO

Número de Páginas: 72

Tesis para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento

Resumen: El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto agudo de dos tipos de alimentos sobre la cinética de la tasa metabólica tanto en reposo como en ejercicio a  $Fat_{max}$  en población con sobrepeso sedentaria. En el proyecto participaron 9 adultos ( $28.14 \pm 5.87$  años) masculinos con sobrepeso ( $IMC 27.5 \pm 1.3 \text{ kg/m}^2$ ), los cuales concluyeron las 6 sesiones del estudio. En la primera visita se hizo el llenado de documentos, calorimetría y composición corporal, en la siguiente sesión se recopilaron los datos de la prueba al  $Fat_{max}$  para las sesiones de ejercicio. Se realizaron dos sesiones en reposo y dos sesiones de ejercicio al  $Fat_{max}$  (1 sesión por semana) en ambos casos se dio un alimento y posteriormente se midió la tasa metabólica por medio de calorimetría indirecta los últimos 15 minutos de cada hora por 3 horas seguidas. El alimento alto en lípidos aumentó la utilización de grasa como sustrato energético, en reposo, al consumir carbohidratos, la primera hora se dispara el aumento de los carbohidratos como principal fuente de energía.

FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL



## Tabla de contenido

Introducción .....	10
Planteamiento del Problema .....	11
Justificación.....	12
Objetivo .....	13
Objetivos Específicos .....	13
Hipótesis .....	13
Capítulo I.....	14
Marco Teórico .....	14
Metabolismo .....	14
Carbohidratos y su Metabolismo .....	14
Lípidos y su Metabolismo.....	16
Dieta.....	19
Tasa Metabólica Basal .....	20
Calorimetría .....	20
Flexibilidad Metabólica .....	21
Inflexibilidad Metabólica.....	22
Consumo de Oxígeno.....	22
Tasa de Recambio Respiratorio .....	23
Frecuencia Cardíaca.....	24
Umbral láctico.....	24
Fat <sub>max</sub> .....	25
Sobrepeso y Obesidad.....	26
Composición Corporal.....	26
Índice de Masa Corporal.....	27
Índice de Grasa Corporal .....	28

Antecedentes .....	31
Capítulo II .....	33
Metodología.....	33
Tipo de Estudio.....	33
Características de la Población .....	33
Criterios de Inclusión.....	33
Criterios de Exclusión.....	33
Diseño Experimental.....	33
Análisis Antropométricos .....	34
Análisis Metabólicos.....	34
Análisis Fisiológicos.....	35
Análisis Dietéticos .....	35
Protocolo.....	35
Diseño de alimentos.....	36
Consideraciones Éticas .....	37
Análisis Estadístico.....	37
Capítulo III .....	38
Resultados .....	38
Capítulo IV .....	51
Discusión.....	51
Aportaciones y sugerencias .....	52
Capítulo V .....	53
Conclusión.....	53
Referencias .....	54
Anexos .....	58
Anexo1: Aprobación del Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.....	58

Anexo 3: Carta de Consentimiento Informado.....	60
Anexo 3: Historial Clínico .....	61
Historia familiar .....	62
Historia personal .....	63
Anexo 4: Formato del IPAQ.....	68
Anexo 5: Registro de Ingesta de Alimentos .....	70
Anexo 6: Cuestionario de Actividad Física (CAF) .....	71
Anexo 7: Resumen Autobiográfico.....	72

## Lista de Figuras

Figura 1 .....	34
Figura 2 .....	41
Figura 3 .....	41
Figura 4 .....	42
Figura 5 .....	44
Figura 6 .....	44
Figura 7 .....	45
Figura 8 .....	47
Figura 9 .....	47
Figura 10 .....	48
Figura 11 .....	48
Figura 12 .....	49
Figura 13 .....	50



## Lista de Tablas

Tabla 1.....	34
Tabla 2.....	38
Tabla 3.....	39
Tabla 4.....	39
Tabla 5.....	40
Tabla 6.....	43
Tabla 7.....	45

## Introducción

En la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino (ENSANUT MC, 2016), se encontró una alta y alarmante proporción de sobrepeso y obesidad en población mexicana (7.5%). Actualmente, y a pesar de toda la información disponible sobre los daños a la salud del sobrepeso y obesidad, ni la población ni los gobiernos toman acciones precisas para disminuir esta pandemia. Tanto el sobrepeso y la obesidad son causados principalmente por desórdenes alimentarios y sedentarismo. Además, se menciona que el 57% de los adultos son sedentarios y el 73.5% no realiza la suficiente actividad física para mantener un peso saludable (Soto, 2018).

Por lo anterior la importancia de conocer el tipo de alimento y la cantidad e intensidad del ejercicio para mantenerse un peso saludable.

Se ha reportado que el tipo de alimento consumido modifica la tasa metabólica (Bergouignan, Antoun, Momken, Schoeller, GauquelinKoch, Simon y Blanc, 2013), y que existe una intensidad de ejercicio a la cual la tasa de oxidación de grasa es más alta (Bircher y Knechtle, 2004). En este sentido, la oxidación de carbohidratos y grasas se incrementa por la ingesta de uno u otro. Es decir, la ingesta de carbohidratos incrementa la oxidación de carbohidratos, y la ingesta de grasas aumenta la oxidación de grasas (Verdejo, Bajpeyi, Ravussin y Galgani, 2018). Por otro lado, la intensidad del ejercicio a la cual la oxidación de grasas es más alta se le conoce como  $Fat_{max}$  (Jeukendrup y Achten, 2001). Sin embargo, a la fecha no se conoce la magnitud del efecto del consumo de un alimento alto en carbohidratos vs. otro alto en lípidos, sobre la tasa metabólica en reposo y durante el ejercicio al  $Fat_{max}$ . El  $Fat_{max}$  se puede utilizar para predecir la cantidad de lípidos que se metabolizarán durante el ejercicio (Jeukendrup y Achten, 2001) método sumamente importante para dictar el tipo de dieta y ejercicio en personas con sobrepeso y obesidad.

## **Planteamiento del Problema**

Soto en el 2018 menciona que el 57% de los adultos son sedentarios, del cual el 26.5% nunca se ha ejercitado en ninguna etapa de su vida.

Según la ENSANUT MC (2016) en México, el 72.5% de adultos de 20 años y más, tienen sobrepeso y obesidad siendo un porcentaje muy alto y alarmante. En 69.4% de la población total con sobrepeso y obesidad son hombres adultos.

El sobrepeso y la obesidad pueden surgir por una mala alimentación y sedentarismo y esto es una gran problemática de salud. Uribe, Jiménez, Morales, Salazar y Shamah, (2018) hacen mención que un alto porcentaje de adultos tiende a subestimar su peso corporal y no perciben la probabilidad de desarrollar obesidad a corto plazo, a pesar de saber que la obesidad es un problema grave de salud. Lo cual se podría concluir que un gran porcentaje de la población adulta no es consciente del momento en que entra a la etapa de sobrepeso y no saben cómo o no hacen nada para mantenerse saludables.

En la literatura no es claro aún sobre el tipo de alimento a ingerir después de realizar ejercicio para favorecer el mayor gasto calórico en grasas y de la misma manera el tipo de alimento a ingerir en reposo para favorecer la tasa máxima oxidación de grasas.

Por lo tanto, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el efecto agudo del alimento alto en grasa y el alimento alto en carbohidratos sobre la tasa metabólica en reposo, durante y posterior al ejercicio a  $Fat_{max}$  en personas adultas con sobrepeso?

## **Justificación**

Hoy en día la población busca un método para perder peso de manera fácil y rápida. El Fat<sub>max</sub> es un método de entrenamiento con intensidades bajas y moderadas que facilitan la pérdida de peso corporal sin reducir masa libre de grasa y puede recomendarse a cualquier persona, sin exigirle demasiado ni restringiendo su ingesta de alimento.

Cuando el macronutriente más consumido en la dieta es el carbohidrato, el cuerpo utiliza este macronutriente como principal fuente de energía. Por el contrario, una dieta con ausencia de carbohidratos acelera el uso de la grasa como principal fuente de energía.

Las grasas y las proteínas se mantienen más tiempo en el estómago y crea una sensación de saciedad más prolongada (Pérez, 2008). Esto ayuda a que el individuo solo consuma lo que su cuerpo requiere para mantener su ritmo de vida.

En este estudio se busca saber si después del ejercicio a Fat<sub>max</sub>, en conjunto con la ingesta de alimento alto en grasas aumenta la tasa de oxidación de grasas y durante cuánto tiempo.

Conocer esta información ayudará a recomendar las intensidades ideales de ejercicio y el tipo de alimento a ingerir para los individuos con sobrepeso y obesidad, brindándoles herramientas idóneas de ejercicio y alimentación, con ello, favorecer la pérdida de peso corporal, sobretodo la masa grasa. El ejercicio a Fat<sub>max</sub> junto con una ingesta alta en grasas parecen prometedores para mantenerse saludable, es por eso que se investiga si la combinación de estos dos es adecuado para aumentar la oxidación de grasas y como altera la tasa metabólica tanto en ejercicio como en reposo.

## **Objetivo**

Evaluar el efecto agudo de dos tipos de alimentos sobre la cinética de la tasa metabólica tanto en reposo como en ejercicio a  $Fat_{max}$  en población con sobrepeso sedentaria.

## **Objetivos Específicos**

- Identificar la intensidad del ejercicio al que se alcanza el  $Fat_{max}$  (FC, lactato, velocidad y %  $VO_{2max}$ ).
- Estimar el  $VO_{2max}$ .
- Evaluar la tasa metabólica en reposo.
- Comparar el efecto del alimento alto en lípidos vs. Carbohidratos, ingerido después del ejercicio  $Fat_{max}$  sobre la tasa metabólica.
- Comparar la tasa metabólica en reposo vs. el protocolo al  $Fat_{max}$ .

## **Hipótesis**

El alimento alto en lípidos mantendrá una tasa de oxidación de grasas más alta tanto en reposo como al  $Fat_{max}$ , que el alimento alto en carbohidratos.

# Capítulo I

## Marco Teórico

### Metabolismo

El metabolismo es la suma de todas las transformaciones químicas que se llevan a cabo en una célula u organismo, consiste en una serie de reacciones catalizadas enzimáticamente que crean las vías metabólicas. Cada paso de una vía metabólica ocasiona un pequeño cambio bioquímico específico: eliminación, transferencia o adición de un átomo o grupo funcional. Al producto de una serie de intermediarios metabólicos se les denomina metabolitos. Las vías metabólicas se clasifican en tres categorías; anabólicas, catabólicas y anfibólicas (Fontan y Amadio, 2015).

1. Vías anabólicas, es la creación de compuestos moleculares de mayor tamaño a partir de moléculas más pequeñas. Estas requieren un aporte de energía generalmente por medio de la donación del grupo fosforilo del ATP y el poder reductor del NADH, NADPH y FADH<sub>2</sub>.
2. Vías catabólicas, es la desintegración de moléculas de mayor tamaño que se convierten en productos más pequeños y sencillos. Estas vías liberan energía la cual una parte se conserva para la formación de ATP y transportadores electrónicos reducidos (NADH, NADPH y FADH<sub>2</sub>) y el resto se pierde en forma de calor.
3. Vías anfibólicas, son rutas mixtas, catabólicas y anabólicas que genera energía y poder reductor. Las vías anfibólicas actúan como enlaces entre las dos vías anteriores, por ejemplo, el ciclo del ácido cítrico.

### Carbohidratos y su Metabolismo

Los carbohidratos son compuestos químicos formados por átomos de carbono (C), oxígeno (O) e hidrogeno (H), sobre la estructura de CH<sub>2</sub>O. Estas moléculas se encuentran de manera abundante en vegetales, frutas y animales. Los carbohidratos se encuentran en forma de monosacáridos como la glucosa, fructosa y galactosa; en pares en forma de

disacáridos como lo son la lactosa, sacarosa y maltosa; en grandes cantidades como son los oligosacáridos (3 a 9 carbonos dentro de su estructura molecular) o polisacáridos de 10 o más carbonos. El almidón es una macromolécula que está compuesta de dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina y es el glúcido de reserva de la mayoría de los vegetales. (Fontan y Amadio, 2015).

El carbohidrato más importante es la glucosa, toda la glucosa que se consume mediante una dieta es absorbida por el torrente sanguíneo formada por medio de la hidrólisis del almidón y los disacáridos de la dieta, otro tipo de azúcares como lo son la fructosa y galactosa son convertidos en glucosa en el hígado (Nelson & Cox, 2009).

La principal vía para el metabolismo de los carbohidratos es la glucólisis y ésta ocurre en el citosol de las células. La glucosa pasa por dos fases: fase de preparación y fase de beneficios. En la fase de la preparación la glucosa, dentro del citoplasma de las células musculares, sufre procesos oxidativos desde la fosforilación de la misma hasta su conversión en gliceraldehído 3-fosfato; y la fase de beneficios donde la glucosa pasará por reacciones intervenidas por enzimas para la conversión oxidativa del gliceraldehído 3-fosfato en piruvato. Por cada molécula de glucosa se consumen dos de ATP en la fase preparatoria y se producen cuatro de ATP en la fase de beneficios, dando un total de dos ATP por molécula de glucosa convertida en piruvato (Nelson & Cox, 2009).

Las moléculas de piruvato pueden sufrir dos procesos distintos: uno dependiente de oxígeno y el otro no. El proceso independiente del oxígeno tendrá como producto final el lactato por medio de la glucólisis anaeróbica convirtiendo el piruvato a lactato gracias a la enzima lactato deshidrogenasa que le pega una molécula de hidrogeno. El lactato cuando aumenta en el torrente sanguíneo, presenta una relación directa con el decline de la fuerza y el rendimiento, ocasionando la fatiga. En ejercicios de intensa y larga duración, la concentración de lactato en el torrente sanguíneo aumenta bruscamente, impulsando el deterioro del rendimiento (Fontan y Amadio, 2015).

La glucólisis tiene la capacidad de proporcionar ATP en ausencia de oxígeno, esto permite al músculo estriado tener un desempeño alto en demandas altas de trabajo y permite a los tejidos sobrevivir en lapsos de anoxia. La glucólisis puede ocurrir en

condiciones anaeróbicas, sin embargo, limita la cantidad de ATP formado por cada mol de glucosa oxidada.

En el proceso dependiente del oxígeno el piruvato-deshidrogenasa convierte al piruvato en acetil-CoA, se le une una coenzima A y como resultado se elimina un grupo carboxilo del piruvato y se libera como dióxido de carbono, el NAD<sup>+</sup> acepta los electrones para transformarse en NADH. Después de este proceso la acetyl-CoA entra el ciclo de Krebs dando un total de 3 NADH, 1 FADH y 1 ATP. Los NADH y FADH entran a la cadena transportadora de electrones y producen ATP. Cada NADH produce 3 ATP y cada FADH produce 2 ATP, es decir, en el proceso del ciclo de Krebs la cantidad de ATPs producidos es mayor que en la glucólisis anaeróbica (Fontan y Amadio, 2015)..

### **Lípidos y su Metabolismo**

La palabra lípidos viene del griego λίπος (lipos- = grasa). Los lípidos son un conjunto de compuestos heterogéneos, como lo son: aceites, esteroides, grasas, ceras y compuestos relacionados por sus propiedades físicas. Hay dos características que definen a los lípidos: 1) son relativamente insolubles en agua; 2) son solubles en solventes no polares. Los lípidos no polares actúan como aislantes eléctricos, lo que ayuda a que se propague con mayor rapidez las ondas de despolarización a lo largo de nervios mielinizados. Los fosfolípidos y los esteroides son los principales elementos estructurales de las membranas biológicas de los lípidos. Los fosfolípidos forman los principales integrantes de la matriz de la bicapa lipídica de las membranas celulares. Las lipoproteínas son las combinaciones entre los lípidos y proteínas y estas sirven para transportar lípidos en la sangre (Curi, Lagranha, Hirabara, Folador, Tchaikovski, Fernandes, Pellegrinotti, Pithon, & Procopio, 2008).

Los lípidos se clasifican como simples y complejos:

- 1) Lípidos simples: son ésteres de ácidos grasos con diversos alcoholes: Grasas, que son ésteres de ácidos grasos con glicerol.
- 2) Lípidos complejos: son ésteres de ácidos grasos que contienen grupos además de un alcohol y un ácido graso; a) Fosfolípidos que contienen, además de ácidos grasos y



un alcohol, un residuo de ácido fosfórico; b) Glucolípidos, que son lípidos que contienen un ácido graso, esfingosina y carbohidrato; c) Otros lípidos complejos, como lo son los sulfolípidos, aminolípidos y las lipoproteínas también pueden colocarse en este grupo.

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos con cadenas hidrocarbonadas de 4 a 36 carbonos. Éstos se dividen en dos grupos: ácidos grasos saturados (que no contienen dobles enlaces dentro de su estructura) y ácidos grasos insaturados (que contienen uno o más dobles enlaces dentro de su estructura) (Nelson & Cox, 2009).

Los ácidos grasos insaturados se dividen en diferentes grupos: 1) Los ácidos monoinsaturados (monoenoico), un solo doble enlace dentro de su cadena de hidrocarburos; 2) Los ácidos poliinsaturados (polienoico), contienen dos o más dobles enlaces.

Los lípidos son de gran importancia para la dieta, no solo por su alto contenido energético, sino también por las vitaminas liposolubles y los ácidos grasos esenciales que contienen los alimentos naturales. La grasa es almacenada en el tejido adiposo, que también sirve como aislador térmico de tejidos subcutáneos y alrededor de algunos órganos. Los lípidos tienen importantes funciones en la nutrición y la salud, el conocimiento de éstos es necesario para entender muchas enfermedades biomédicas como lo son: la obesidad, diabetes mellitus y aterosclerosis (Curi, Lagranha, Hirabara, Folador, Tchaikovski, Fernandes, Pellegrinotti, Pithon, & Procopio, 2008).

El metabolismo de los lípidos se puede enumerar en pasos de la siguiente manera:

1. El metabolismo de los lípidos comienza con el consumo de los triacilgliceroles en forma de partículas macroscópicas. Las sales biliares, que son compuestos anfipáticos, sirven para convertir las grasas de la dieta en micelas mixtas de ácidos biliares y triacilgliceroles finamente dispersadas para poder ser absorbidos por la pared intestinal. Estas sales biliares se sintetizan en el hígado a partir del colesterol, se almacenan en la vesícula biliar y se liberan al intestino delgado tras la ingestión de una comida que contenga grasas.

2. Las lipasas hidrosolubles que se encuentran en el intestino, convierten los triacilgliceroles en monoacilgliceroles y diacilgliceroles, ácidos grasos libres y glicerol.
3. Los productos finales de las lipasas hidrosolubles, entran al interior de las células epiteliales que recubre la superficie intestinal (la mucosa intestinal), ahí se convierten de nuevo en triacilgliceroles y se empaquetan junto con colesterol de la dieta y proteínas específicas para formar agregados lipoprotéicos denominados quilomicrones.
4. La parte proteica de las lipoproteínas es reconocida por receptores en la superficie celular. En el proceso de captación de lípidos desde el intestino, los quilomicrones, que contienen la apolipoproteína C-II (apoC-II), pasan desde la mucosa intestinal y llegan al sistema linfático, donde penetran en la sangre y son transportados al músculo y al tejido adiposo. En los capilares de estos tejidos, el enzima extracelular lipoproteína lipasa, activado por la apoC-II, hidroliza los triacilgliceroles a ácido grasos y glicerol. En el músculo, los ácidos grasos se oxidan para obtener energía; en el tejido adiposo, se reesterifican para ser almacenados en forma de triacilgliceroles.

Las apolipoproteínas son proteínas que se unen a lípidos en la sangre y son los responsables del transporte de triacilgliceroles, fosfolípidos, colesterol y ésteres de colesterol entre los diferentes órganos. “Apo” de la palabra apolipoproteínas, se refiere a la proteína sin lípidos en su estructura, éstas se combinan con lípidos para formar varias clases de lipoproteínas. Diversas combinaciones de lípidos y proteínas producen partículas de densidad diferente, que van desde los quilomicrones y las lipoproteínas de muy baja densidad a las lipoproteínas de muy alta densidad (Voet & Voet, 1995).

Los restos de lo quilomicrones, de los que se ha retirado la mayor parte de triacilgliceroles pero que todavía contienen colesterol y apolipoproteínas, llegan al hígado a través de la sangre. Los triacilgliceroles que entran al hígado a través de esta ruta pueden ser oxidados para generar energía o bien para proporcionar precursores para la síntesis de cuerpos cetónicos. Cuando la dieta contiene más ácidos grasos de los necesarios de modo inmediato son utilizados como combustible o para obtener

precursores, el hígado los convierte en triacilgliceroles, y éstos se empaquetan con apolipoproteínas específicas para formar lipoproteínas de muy baja densidad. Las proteínas de muy baja densidad son transportadas de en la sangre a los tejidos adiposos, donde los triacilgliceroles son eliminados y almacenados en forma de pequeñas gotas de lípidos en el interior de los adipocitos (Voet & Voet, 1995)..

El ácido graso de cadena larga se le une una Coenzima A+ un ATP dando como resultado la acil-CoA + AMP + P<sub>Pi</sub>. Para que el acil-CoA entre a la membrana mitocondrial, la carnitina palmitoil transferasa I le intercambia la CoA por una carnitina dando como resultado la acil-carnitina permitiéndole el paso a la membrana mitocondrial, de ese lado la carnitina palmitoil transferasa II se quita la carnitina y le vuelve a pegar una CoA volviendo a la acil-COA, esto le permite entrar a la β-oxidación. La β-oxidación es un proceso al que se somete el acil-CoA dando como producto un acil-CoA con dos átomos de carbono más corta y un acetil-CoA. El acetil-CoA entra al ciclo de Krebs, mientras que el acil-CoA vuelve a la β-oxidación para repetir el proceso hasta que ya no queden más átomos de carbono (Curi, Lagranha, Hirabara, Folador, Tchaikovski, Fernandes, Pellegrinotti, Pithon, & Procopio, 2008).

El triacilglicerol es la mayor forma de almacenamiento de energía metabólica en humanos. Al igual que la glucosa se oxidan metabólicamente en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

## **Dieta**

En la mayoría de los países se han creado guías alimentarias para garantizar la buena calidad de la dieta que consume la población. Las recomendaciones de instituciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS), se encargan de difundir el principio de alimentación saludable sugiriendo integrar macro y micronutrientes en las proporciones adecuadas. Las recomendaciones que emiten la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Universidad de las Naciones Unidas y la OMS, se recomiendan los siguientes porcentajes aceptables de ingesta de macronutrientes:

- Carbohidratos: 50 al 70% de las calorías diarias requeridas y en una distribución de 40 a 45% de carbohidratos complejos y de 20 a 25% simples.

- Proteínas: 10 al 15% de las calorías totales diarias, como preferencia a las de origen vegetal y pocas de origen animal.
- Lípidos: 20 al 25% de las calorías totales diarias, con una recomendación de distribución de 8% ácidos grasos saturados, 12 a 15% ácidos grasos monoinsaturados y del 10 al 15% como poliinsaturados.

### **Tasa Metabólica Basal**

La tasa metabólica basal o gasto energético basal representa la actividad mínima que tienen todos los tejidos del cuerpo para mantenerse en condiciones de equilibrio. En otras palabras, es la energía mínima que utiliza nuestros tejidos para poder mantenerse con vida. El gasto energético total, es la suma de tasa metabólica basal, la actividad física y la termogénesis endógena. En adultos sedentarios la tasa metabólica basal constituye del 60 al 70% del gasto energético diario y 50% en personas físicamente muy activos. Se debe de tomar en cuenta la edad y el género, ya que estos son valores que no se pueden modificar, sin embargo, el nivel de entrenamiento físico que tenga el individuo, como la composición corporal si pueden ser modificados y tener una variación en el gasto energético (Zavala, 2019).

### **Calorimetría**

La tasa metabólica basal y el gasto que requiere cualquier actividad física se puede medir por medio de calorimetría directa o indirecta. Existen otros métodos para determinar el gasto energético basal y el requerimiento de energía como los son: las ecuaciones predictivas y la impedancia bioeléctrica. Los siguientes son los métodos más utilizados según Vargas y Lancheros en el 2011:

- La calorimetría directa determina el gasto energético total por la medición de la cantidad de calor producida por el organismo. Se realiza con cámaras herméticas con paredes aislantes, donde se encierra al sujeto y se registra el calor almacenado y

el perdido por radiación, convección y evaporación, se necesita mínimo seis horas para estabilizar el sistema.

- Calorimetría indirecta es un método no invasivo que permite estimar el gasto energético basal y la oxidación de los sustratos energéticos. Se determina por medio de los equivalentes calóricos de oxígeno consumido y el dióxido de carbono exhalado, la cual dependiendo del sustrato energético que se esté utilizando las cantidades del oxígeno inhalado y dióxido producido varían.
- Se utiliza las ecuaciones predictivas para planear la alimentación de un individuo, ya que se requiere conocer el balance entre el consumo y el gasto energético. Son valores de referencia para estimar el gasto energético basal y determinar el requerimiento energético total.
- Por medio de la impedancia bioeléctrica, actualmente existen básculas que tienen incorporadas en su software las ecuaciones para determinar la tasa metabólica basal, ya que es un método que estima los compartimientos corporales, incluido el líquido en los espacios intra y extracelulares. Esta técnica se basa en la resistencia al paso de la corriente alterna.

### **Flexibilidad Metabólica**

La flexibilidad metabólica es la capacidad del metabolismo para cambiar de la oxidación de grasas a la de carbohidratos en respuesta a los cambios en la disponibilidad del sustrato y la demanda de energía. (Bergouignan, Antoun, Momken, Schoeller, GauquelinKoch, Simon y Blanc, 2013).

Comprender las causas del desarrollo de la flexibilidad metabólica ayudará a comprender el motivo de las enfermedades metabólicas y también puede proporcionar información para mejorar las estrategias de tratamiento. La flexibilidad metabólica podría mejorar con el ejercicio regular, sin embargo el efecto del nivel de actividad física sobre la flexibilidad metabólica aún no se ha aclarado.

## **Inflexibilidad Metabólica**

Cuando la flexibilidad metabólica se encuentra dañada para cambiar de la oxidación de grasas a la de carbohidratos como combustible se define como inflexibilidad metabólica. Aunque la flexibilidad metabólica está ganando cada vez más reconocimiento como un componente central de la salud metabólica, no se conocen muchos de los desencadenantes de un estado de inflexibilidad metabólica (Bergouignan, Antoun, Momken, Schoeller, GauquelinKoch , Simon y Blanc, 2013)

La inflexibilidad metabólica se puede desencadenar por factores de estilo de vida, como el sedentarismo y la dieta alta en grasas. También es una de las principales causas de los síndromes metabólicos incluidos la obesidad, resistencia a la insulina y diabetes (Verdejo, Bajpeyi, Ravussin y Galgani, 2018).

La inflexibilidad metabólica se puede desencadenar por factores de estilo de vida, como el sedentarismo y la dieta alta en grasas.

## **Consumo de Oxígeno**

Una de las variables más representativas de la condición física es el consumo máximo de oxígeno. (Huerta, Galdames y Cáceres, 2017). El  $VO_2$  es la diferencia entre el  $O_2$  inspirado y el  $O_2$  espirado. El valor normal de  $VO_2$  en estado basal es 3,5 ml/kg/min. La gran mayoría de las actividades que realizamos de manera cotidiana requiere la utilización del metabolismo aeróbico para suministrar la energía que necesita el músculo para realizar la contracción. Por lo tanto, la evaluación de la capacidad aeróbica y del funcionamiento del sistema cardiorrespiratorio, beneficia a las personas que realizan deportes de resistencia y también para evaluar las capacidades funcionales de los pacientes.

Sin importar la intensidad del esfuerzo, siempre habrá una contribución de los metabolismos energéticos, ya sea, anaeróbico y/o aeróbico en la resíntesis de la adenosina trifosfato (ATP). Hay una relación lineal entre el consumo de energía y la intensidad del ejercicio, concluyendo que a mayor intensidad del esfuerzo, mayor será el consumo de energía. A bajas intensidades el metabolismo aeróbico es la principal fuente de energía para realizar la actividad, y esta consume oxígeno ( $O_2$ ) para suministrar energía, hasta que su

producción energética no sea suficiente, aquí es donde entra el metabolismo anaeróbico que su producción energética es mayor y brinda energía en intensidades máximas en los últimos instantes del esfuerzo. En consecuencia a mayor intensidad, mayor es la resíntesis del ATP y el consumo de O<sub>2</sub>, por lo tanto al medir el consumo de oxígeno VO<sub>2</sub> de un paciente se obtiene una aproximación a su consumo energético metabólico y a su producción de energía mecánica.

En una prueba de esfuerzo con aumento progresivo de la intensidad, el paciente aumenta el VO<sub>2</sub> de forma gradual hasta alcanzar un valor máximo. Puede decirse entonces que ha alcanzado su VO<sub>2max</sub> (Martin y Cléménçon, 2014). Para medir el VO<sub>2max</sub> de una persona, habría que hacerlo a nivel de la mitocondria, sin embargo, para esto se necesitaría colocar un catéter con una sonda en el músculo, pero esta acción es demasiado invasiva para el paciente y demasiado incómoda sobre todo durante el esfuerzo. Otra forma de medir el VO<sub>2</sub> de manera indirecta y menos invasiva, es por medio de una mascarilla a nivel bucal.

### **Tasa de Recambio Respiratorio**

La tasa de recambio respiratorio (TRR) medida por calorimetría indirecta es la relación entre la producción de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>) y el consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>), esta se incrementa con la intensidad del trabajo. La TRR indirectamente nos informa sobre la magnitud en la utilización de los sustratos energéticos, donde a mayor valor en este índice mayor la utilización de carbohidratos y menor la de lípidos (Martin y Cléménçon, 2014). El punto crítico se encuentra aproximadamente en 0.85, es decir que a partir de este valor la utilización de carbohidratos para la producción de energía es mayor que la de los lípidos.

Fórmulas para calorimetría indirecta y calcular la oxidación de sustratos.

$$\text{TRR} = \text{VCO}_2 / \text{VO}_2$$

$$\text{VCO}_2 = (\text{VO}_2) (\text{RER})$$

$$\text{LIPox} = (1.67 * \text{VO}_2) - (1.67*\text{VCO}_2)$$

$$\text{CHOox} = (4.55*\text{VCO}_2) - (3.21*\text{VO}_2)$$

## **Frecuencia Cardíaca**

La frecuencia cardíaca (FC) es la cantidad de latidos por minuto que genera el corazón, ésta cambia a lo largo de la vida de una persona. La frecuencia cardíaca (FC) es específica para cada persona y nos permite monitorear los esfuerzos de manera individualizada sin llegar a la máxima frecuencia cardíaca para no sobre estimular el corazón. La fórmula teórica para estimar la FC máxima de cada individuo es:  $220 - \text{edad}$ , a veces esta estimación está lejos de la realidad, ya que puede variar en función de los factores genéticos y de los antecedentes. Lo ideal sería realizar una prueba directa, con ayuda de un cardiófrecuencímetro, para conocer la FC máxima real de cada individuo y entrenar en base a ésta.

La FC de reserva nos permite medir la capacidad respiratoria de las personas. La FC de reserva es la diferencia entre la FC máxima y FC en reposo, y se utiliza la siguiente fórmula:  $\text{FC reserva} = \text{FC}_{\text{max}} (\text{lpm}) - \text{FC reposo} (\text{lat}/\text{min})$ , dónde la  $\text{FC}_{\text{max}}$  se mide por medio de una prueba directa de  $\text{VO}_{2\text{max}}$  y la FC en reposo se determina al despertar. A mayor FC de reserva mayor es la capacidad respiratoria del paciente (Martin y Cléménçon, 2014).

## **Umbral láctico**

Los umbrales lácticos muestran estados fisiológicos. Se utilizan para observar la acidosis sanguínea y, en consecuencia, muscular. El valor normal de ácido láctico en reposo es de aproximadamente 1 mmol/l de sangre.

Se visualizan por puntos de inflexión de la cinética de acidosis láctica durante un esfuerzo incremental. Existen dos puntos de inflexión correspondientes a los umbrales lácticos 1 (UL1) y 2 (UL2) (Martin y Cléménçon, 2014).

El umbral láctico 1 se considera el comienzo de acumulación de lactato plasmático, y corresponde a un valor de acidosis láctica de 2 mmol/l de sangre elegida de forma arbitraria. Y el umbral láctico 2 corresponde a una acidosis láctica de 4mmol/l de sangre, este se considera el punto de acumulación “controlado” de los lactatos antes de una elevación rápida y esto ocasiona la interrupción del esfuerzo a mayor o a corto plazo.



También se puede considerar como el punto de desequilibrio fisiológico del organismo con la intensidad del ejercicio. En pocas palabras, pasando este umbral, el ácido láctico se acumula de manera rápida provocando el término del esfuerzo por acidosis.

### **Fat<sub>max</sub>**

La intensidad del ejercicio que causa la tasa más alta de oxidación de grasa, se le conoce como la intensidad de la tasa de oxidación de grasas (Fat<sub>max</sub>). Este método se puede utilizar para predecir la cantidad de lípidos que se metabolizarán durante el ejercicio. El término de Fat<sub>max</sub> se introdujo en el 2001 por Jeukendrup y Achten para describir la intensidad del ejercicio a la cual la oxidación de la grasa es máxima. La palabra Fat<sub>max</sub> se implementó para describir la intensidad del ejercicio a la cual la oxidación de la grasa es máxima. (Ghanbari y Navabeh, 2016).

El Fat<sub>max</sub> depende de muchos factores como la disponibilidad de macronutrientes, el estado de entrenamiento, el sexo y la intensidad del ejercicio. Pillard, et ál. (2007) encontraron que las mujeres a baja intensidad tienen menor RER que los hombres. Cuando el RER aumenta no hay diferencia significativa entre hombres y mujeres. Al cambiar la intensidad de ejercicio también cambia la utilización de sustratos. La oxidación máxima de grasas en personas sedentarias se encuentra por debajo del 65% del VO<sub>2</sub>max, mientras en atletas se encuentra por el 75% de su VO<sub>2</sub>max, (Bircher y Knechtle, 2004).

Jeukendrup y Achten en el 2001 mencionan que, al iniciar el ejercicio, el metabolismo de las grasas es mayor, pero a medida que la intensidad va aumentando la oxidación de carbohidratos también aumenta y la contribución de las grasas como combustible se verá disminuida. Cuando la glucólisis aumenta por encima del umbral de lactato, la oxidación de grasas se ve disminuida.

El Fat<sub>max</sub> se encuentra justo por debajo de la intensidad donde de la glucólisis comienza aumentar notablemente. La máxima oxidación de grasas (Fat<sub>max</sub>) aumenta al inicio del ejercicio. El Fat<sub>max</sub> puede ser una intensidad de ejercicio eficiente para programas de pérdida de peso, ejercicios relacionados con la salud, entrenamiento de resistencia, prevención de enfermedades cardiovasculares, obesidad y ayudar a disminuir la diabetes

tipo 2. La intensidad del ejercicio domina la oxidación del sustrato de forma aguda. (Purdom, Kravitz, Dokladny y Mermier, 2018).

Los lípidos se oxidan predominantemente a intensidades de ejercicios de  $\leq 65\%$  del  $VO_{2max}$ , sin embargo, cuando la intensidad de ejercicio excede del 65% de  $VO_{2max}$  produce un cambio en la utilización de energía, donde los carbohidratos se vuelven la principal fuente de energía. La intensidad se ha estado estimando por medio del  $\%VO_{2max}$  para la población general, sabiendo así que entre 35% y 65% del  $VO_{2max}$ , se produce la tasa máxima de oxidación de grasas (Achten y Jeukendrup, 2004),

En investigaciones pasadas se encontró que el ejercicio a baja y moderada intensidad favorece mayormente la disminución del peso corporal de masa grasa que el de alta intensidad. (Lanzi, Codecasa, Cornacchia, Maestrini, Capodaglio, Brunani, et ál. 2015).

### **Sobrepeso y Obesidad**

La Organización Mundial de la Salud define sobrepeso como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. El sobrepeso se puede medir por el índice de masa corporal y el índice de grasa corporal.

La obesidad, o excesiva acumulación de grasa en el organismo, es la manifestación de una disfunción del sistema de control del peso corporal que impide el ajuste de la masa de reservas grasas a su tamaño óptimo. El problema reside en un desajuste del control del balance entre la energía ingerida y la consumida en los procesos metabólicos. La obesidad constituye uno de los mayores problemas a los que se enfrentan las sociedades modernas, que afectan sobre todo a los países desarrollados. Los grados muy marcados de obesidad acortan la esperanza de vida de los pacientes, mientras que en los aumentos moderados de peso se producen evidentes repercusiones negativas para la salud. (SEEDO, 2000).

### **Composición Corporal**

El análisis de la composición corporal determina qué parte de tu cuerpo es grasa y cuál no lo es. La parte no grasa del cuerpo se llama masa magra, incluye el músculo, agua, huesos y órganos. La masa magra se conoce como tejido metabólicamente activo, pues que

quemar calorías durante todo el día. Cuanto más masa magra, mayor es la tasa metabólica en reposo. La masa grasa es la grasa corporal. La grasa corporal es una forma de almacenamiento de energías y por lo tanto tiene una demanda muy baja en calorías (Oria, Lafita, Petrina y Argüelles, 2002)..

Conocer la composición corporal es la clave para mantener un estado de salud óptimo, el índice de masa corporal (IMC) y el índice de grasa corporal son dos indicativos.

### **Índice de Masa Corporal**

El índice de masa corporal (IMC) es un indicador simple de la relación entre el peso y la talla, se calcula dividiendo el peso de una persona en kilos por el cuadrado de su talla en metros (kg/m<sup>2</sup>), y es el más utilizado. En personas con mayor cantidad de tejido magro, más de lo normal, como lo son atletas o deportistas, el IMC no es útil para determinar la composición corporal ni el peso ideal del sujeto a evaluar. (Ravasco, Anderson y Mardones, 2010).

#### **Tabla 1**

Índice de masa corporal según los criterios de la Organización mundial de la salud.

Bajo peso	$\leq 18.5$
Normopeso	18.5-24.9
Sobrepeso	25-29.9
Obesidad grado I	30-34.9
Obesidad grado II	35-39.9
Obesidad grado III	$\geq 40$

Un IMC elevado es un importante factor de riesgo de enfermedades no transmisibles, algunos que menciona la OMS son:

- Las enfermedades cardiovasculares (principalmente las cardiopatías y los accidentes cerebrovasculares), que fueron la principal causa de muertes en 2012
- Diabetes

- Los trastornos del aparato locomotor (en especial la osteoartritis, una enfermedad degenerativa de las articulaciones muy discapacitante)
- Algunos cánceres (endometrio, mama, ovarios, próstata, hígado, vesícula biliar, riñones y colon).

## **Índice de Grasa Corporal**

En el modelo de cuatro compartimentos al organismo se le divide en masa (ósea, masa magra, masa grasa y agua). La masa grasa es la más susceptible de errores de medida. La grasa representa 80% del tejido adiposo aproximadamente, siendo el 20% restante espacio intersticial, tejido conectivo y vasos sanguíneos. La densidad de la masa grasa es casi constante (0,9 g/ml), en tanto que la densidad de la masa libre de grasa varía dependiendo de la cantidad de masa ósea y del estado de hidratación. La masa libre de masa grasa, puede variar por diversos factores, entre ellos la genética, la edad, la alimentación y la actividad física. La densidad de la masa magra es relativamente constante, de 1,0643 g/ml (Oria, Lafita, Petrina y Argüelles, 2002).

La relación entre IMC y masa grasa tiene una relación lineal, donde normalmente al aumentar el IMC aumenta el porcentaje de masa grasa, no en todos los sujetos ya que a veces el aumento de IMC se debe al aumento de masa grasa.

Para medir la masa grasa existen diferentes métodos, Casanova en el 2003 menciona los siguientes:

**Análisis de activación neutrónica:** El oxígeno, carbono, hidrógeno y nitrógeno explican más del 95% del peso corporal y siete elementos más comprenden más del 99.5% del peso corporal. Los sistemas de activación neutrónica corporal total diseñados para estudios in vivo liberan un haz moderado de neutrones rápidos al sujeto.

**Resonancia nuclear magnética:** usa un software especial para distinguir músculo esquelético y tejido adiposo, siendo su principal utilidad la distinción del tejido adiposo visceral y subcutáneo.

**Antropometría de pliegues adiposo-cutáneo:** Con los pliegues cutáneos, valoramos la cantidad de tejido adiposo subcutáneo. Para realizar esta valoración medimos en unas zonas determinadas el espesor del pliegue de la piel, es decir una doble capa de piel y tejido adiposo subyacente, evitando siempre incluir el músculo. Se mide en mm.

**Densitometría:** La valoración de la composición corporal humana midiendo la densidad corporal total es un método común usado en personas sanas. Asume que el cuerpo se compone de 2 compartimentos distintos (graso y no graso). En este método se asume que la composición química del tejido magro es relativamente constante.

**Hidrodensitometría:** La técnica más usada para medir la densidad corporal total es la determinación del volumen corporal de acuerdo con el principio de Arquímedes, que establece que el volumen de un objeto sumergido en agua es igual al volumen de agua desplazado por él.

**Pletismógrafo de desplazamiento de aire:** Se basan en la determinación de los cambios de presión que tienen lugar en un sistema de 2 cámaras conectadas y que mantienen entre sí presiones conocidas e iguales tras la introducción del individuo en una de ellas. Su fundamento es la ley de Boyle; al inyectar en dicha cámara, de volumen conocido, una cantidad de aire, produce un aumento de presión que es proporcional al volumen ocupado por el paciente. Conocido su volumen, se puede calcular su densidad.

**Absorciómetro dual:** El absorciómetro con rayos X de doble energía y de baja densidad (DEXA) se diseñó inicialmente para el estudio de la masa ósea, pero permite valorar claramente la masa grasa y la masa libre de grasa.

**Conductividad eléctrica total (TOBEC):** el paciente se introduce en un solenoide eléctrico que crea un campo en su interior. Su conductividad depende de su volumen, su masa grasa y su masa libre de grasa.

**Infrarrojo próximo (NIR):** Se basa en los principios de la absorción y reflexión de la luz mediante la espectroscopia de infrarrojos. Cuando la radiación electromagnética golpea un material, la energía se refleja, absorbe, o transmite dependiendo de las propiedades de absorción y dispersión de la muestra.

Impedanciometría: Se basa en el comportamiento del organismo ante el paso de una corriente alterna, a una frecuencia (suele elegirse el valor 50kHz) o a varias, sabiendo que la grasa presenta resistencia elevada al paso de la corriente, al igual que hueso y pulmón, en tanto que la masa muscular ofrece muy poca resistencia. Existen errores en la determinación de la grasa con impedanciómetro que pueden ser importantes, depende del estado de hidratación, la distribución de la grasa y del contenido en glucógeno hidratado del músculo.

Dilución con Deuterio: Sirve para valorar el agua corporal total.

Potasio corporal total: mide la masa libre de grasa, asumiendo que el tejido adiposo apenas tiene K. Se mide con gammacámara el K40.

Tomografía computarizada: diferencia claramente la masa grasa del músculo, es el método de referencia para valorar segmentos del organismo, en especial la grasa abdominal.

## Antecedentes

Bergouignan, Antoun, Momken, Schoeller, GauquelinKoch , Simon y Blanc en el 2013 reportaron que el tipo de alimento consumido modifica la tasa metabólica. Pero en ejercicio, Phinney, Bistran, Evans, Gervino y Blackburn en 1983 investigaron a 5 ciclistas, a los cuales se les dio una dieta eucalórica por 4 semanas, seguido de una dieta cetogénica eucalórica por 4 semanas, y se encontró que en cicloergómetro el RER bajó de 0.83 a 0.72, mostrando que la dieta cetogénica en ejercicio disminuye la oxidación de carbohidratos.

El consumo previo de CHO, en ejercicio, tiene poco efecto sobre el metabolismo o en el rendimiento posterior durante el ciclismo prolongado (Burke, Claassen, Hawley y Noakes, 1998). También el consumo excesivo de una dieta con alto índice glucémico se asocia independientemente con un mayor riesgo a desarrollar obesidad, diabetes tipo II y problemas cardiovasculares (Foster, Holt y Brand, 2002).

El ejercicio al cual se oxida la mayor cantidad de grasas se denominó  $Fat_{max}$  (Jeukendrup y Achten, 2001). Achten, Venables y Jeukendrup en el 2003 reportan que el  $Fat_{max}$  en banda sin fin vs. cicloergómetro provoca mayor oxidación de grasas que de carbohidratos. Teniendo en cuenta que en banda sin fin es más significativa la oxidación de grasas (Rami, Habibi y Shakerian en el 2013, estudiaron la intensidad apropiada de actividad con  $Fat_{max}$  durante un ejercicio incremental en personas activas y sedentarias, no encontraron diferencia entre las variables que se utilizaron para medir la intensidad, sin embargo encontraron una diferencia significativa en la máxima oxidación de grasas entre ambos grupos. Se sabe que las personas activas tienen mayor oxidación de grasas, pero en el 2015 Lanzi, et ál. compararon dos modalidades de entrenamiento de 2 semanas de duración, una era continua a la intensidad de  $Fat_{max}$  contra el entrenamiento de intervalo de alta intensidad (HIIT) en hombres con obesidad tipo II y III. Donde el ejercicio a moderada intensidad mejora la oxidación de grasas.

Pillar et ál. en el 2007 comparó el efecto de diferentes intensidades de ejercicio en la oxidación de lípidos en hombres y mujeres con sobrepeso. En el 30% de  $VO_{2max}$  en

comparación del 50 y 70%, hay mayor oxidación de lípidos, sobretodo en mujeres. En un estudio más reciente donde Vittori, Manners, Belli, Corazza y Latessa (2015) buscaron verificar la fiabilidad de un nuevo protocolo de prueba. Encontraron que la máxima oxidación de grasas era mayor al 55% que al 45% de  $VO_{2max}$ .



## Capítulo II

### Metodología

#### Tipo de Estudio

Cuasi-experimental comparativo.

#### Características de la Población

Para este estudio se eligió la muestra por conveniencia, por medio de una publicación de invitación por las redes sociales y por recomendación de los mismos participantes. Se evaluaron a 9 varones sedentarios con sobrepeso de entre 18 y 35 años de edad que residan en Ciudad Juárez, Chihuahua.

#### Criterios de Inclusión

- Personas de sexo masculino.
- Personas sedentarias de acuerdo al IPAQ (<600 METs-min semana).
- IMC entre 25 y 29.9 kg/m<sup>2</sup>.
- Edad entre 18 y 35 años.

#### Criterios de Exclusión

- Que tengan enfermedades cardio-respiratorias.
- Que tengan alguna patología metabólica.
- Que estén tomando medicamentos que afecten la tasa metabólica.

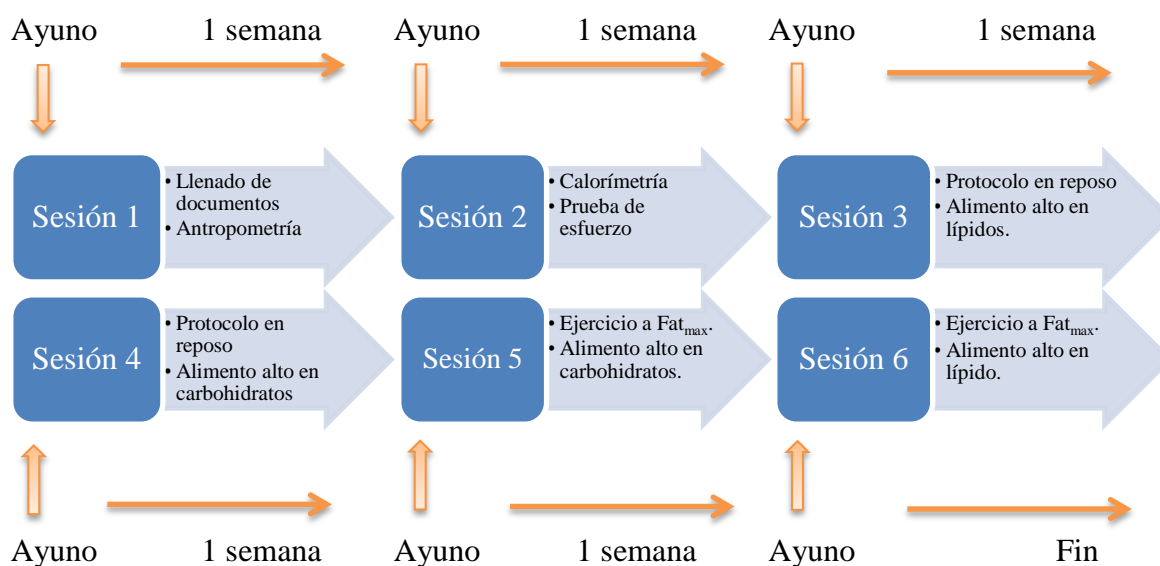
#### Diseño Experimental

Se reclutaron sujetos para la experimentación. Se les explicó a cada uno de manera individual el motivo del estudio completo y se realizaron mediciones para verificar que el sujeto cumpliera con los criterios de inclusión. Se hizo el llenado de documentos y medición de tasa metabólica para concluir la primera sesión. Pasada una semana se realizó

una prueba de esfuerzo incremental. Una semana después, de manera aleatoria se realizaron los protocolos de reposo y ejercicio con el batido correspondiente a la sesión. Al final se les mandó a cada sujeto sus resultados junto con recomendaciones.

**Figura 1**

Explicación ilustrada de las sesiones de la investigación.



### Análisis Antropométricos

La estatura se midió con un estadímetro (seca), para medir el porcentaje de grasa se utilizó un pletismógrafo por desplazamiento de aire (BodPod) (Navarra, España) y se tomó en cuenta el peso en kilogramos con la báscula del mismo. Se le pidió al sujeto quitarse todas las pulseras, aretes y pertenencias que pudiera traer y solo realizar la medición con ropa interior de licra.

### Análisis Metabólicos

Se utilizó el analizador de gases Cortex Metalyzer 3B (Leipzig, Alemania) para medir el consumo máximo de oxígeno, la oxidación de sustratos (carbohidratos y lípidos) y el gasto energético total.

## **Análisis Fisiológicos**

Para analizar a nivel sanguíneo al umbral anaeróbico se utilizó el analizador de lactato StatStrip Lactate Meter (Waltham, USA). Para la toma de glucosa se utilizó el glucómetro FreeStyle FreedomLite (Alameda, USA) para asegurar que el paciente viene en ayunas en cada sesión y monitorear el comportamiento del alimento.

## **Análisis Dietéticos**

Para evaluar la alimentación se aplicó el recordatorio de alimentos de 7 días que se le proporcionarán al sujeto para que vaya registrando día con día su alimentación.

## **Protocolo**

Al inicio de cada sesión se tomó glucosa y se realizó calorimetría para verificar que el sujeto cumpla con su ayuno y ver el efecto de la cena en la tasa metabólica de cada individuo.

*Primera Sesión.* Cumpliendo con los requisitos de IMC y el porcentaje de grasa corporal, se realizó el llenado y firma de la carta de consentimiento, historial clínico, y los cuestionarios IPAQ y PAR-Q para verificar que cumplieran los criterios de inclusión. Se realizó calorimetría con el analizador de gases dónde el sujeto estará sentado en una posición cómoda, ojos cerrados, luces apagadas y sin ninguna distracción auditiva dónde se buscó una estabilización por un intervalo de 5 minutos, en caso de no estabilizarse rápido se le dejó un máximo de 15 minutos y se buscó el intervalo más estable. Se calculó su requerimiento calórico, una cena del 30% de su requerimiento calórico y el 25% para los batidos altos en carbohidratos y alto en lípidos.

*Segunda Sesión.* Se realizó calorimetría, posteriormente se realizó una prueba de esfuerzo empezando con una velocidad de 1.9mph y aumentando de 0.6 mph cada 3 minutos, asimismo se tomó lactato y se preguntó la escala de Borg en cada etapa terminada. Cada minuto se registró su frecuencia cardiaca.

**Tercera y Cuarta Sesión.** Se realizó en ejercicio a  $Fat_{max}$  dónde se tomó en cuenta la intensidad del ejercicio en mph, FC,  $VO_2$  y  $VCO_2$  como parámetro para asegurar que se realice a su máxima oxidación de grasas. Se empezó la sesión con una calorimetría, posteriormente se subió al sujeto a la banda sin fin por 1 hora a la intensidad de su  $Fat_{max}$ , terminando la hora se sentó al paciente con el analizador de gases por 10 minutos y luego se retiró la máscara por 35 minutos. Pasado el tiempo se realizó una calorimetría pre alimento. Terminando la calorimetría se le dio a consumir el batido según la aleatorización (alto en carbohidratos o alto en lípidos), se le dio máximo 15 minutos para consumir el alimento. Se cronometró 45 minutos a partir de que el batido se ingirió completamente para realizar calorimetría y la toma de glucosa, este proceso se realizó dos veces más, una cada hora. Se tomó lactato antes, a la mitad y al final del ejercicio.

**Sesión Seis y Siete.** Se realizó en reposo, Se realizó calorimetría y medición de glucosa. Se le dio a consumir el batido (alto en carbohidratos o lípidos) se le dio máximo 15 minutos para consumir el alimento. Se cronometró 45 minutos para realizar calorimetría y la toma de glucosa, este proceso se realizó dos veces más, una cada hora.

### **Diseño de alimentos**

Los alimentos administrados en la fase experimental tienen el mismo contenido calórico y son diseñadas de acuerdo al requerimiento calórico de cada sujeto sin exceder su gasto energético total. El alimento alto en lípidos está diseñado con una distribución de macronutrientes del 70% de lípidos ( $\geq 50\%$  ácidos grasos de cadena media), 15% carbohidratos y 15% proteínas. El alimento alto en carbohidratos tiene una distribución de macronutrientes del 70% carbohidratos, 15% grasas y 15% proteínas.

La composición de macronutrientes de los batidos se corroboró mediante análisis proximal de los alimentos, por lo tanto se utilizaron los métodos establecidos por la Asociación de Químicos analíticos oficiales (AOAC). El contenido de humedad y el contenido de cenizas de los alimentos se determinó por el método 920.46; el contenido de proteína cruda se obtuvo por el método 2001.11; para lípidos totales se utilizó el método 922.06, y el contenido total de carbohidratos se determinaron por diferencia (Carbohidratos=  $100 - \sum$  de cálculos anteriores).

## **Consideraciones Éticas**

Proyecto aprobado por el comité de ética de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (Anexo 1).

## **Análisis Estadístico**

Las diferencias significativas sobre la tasa de oxidación de grasa tanto en ejercicio a  $Fat_{max}$  como en reposo, antes, durante y después del alimento alto en carbohidratos y alto en lípidos se identificaron utilizando una prueba  $t$  de Student.

Se analizarán los datos en el programa estadístico SPSS. Para todos los análisis estadísticos la significancia fue aceptada en  $p < 0.05$ .

## Capítulo III

### Resultados

Todos los sujetos incluidos en el análisis de los resultados completaron las seis sesiones satisfactoriamente. A continuación, se presentan los datos encontrados por las pruebas realizadas.

Como se observa en la Tabla 2 los participantes (n=9) eran físicamente sedentarios ( $435 \pm 218$ , MET), presentaron sobrepeso ( $27.5 \pm 1.3$ , IMC) y oscilaban en las edades de  $28.14 \pm 5.87$  años.

**Tabla 2**

*Características generales de los 9 sujetos incluidos en el estudio.*

Características (n=9)	
Edad (años)	$28.14 \pm 5.87$
Peso corporal (kg)	$89.49 \pm 8.31$
Talla (m)	$1.80 \pm .08$
IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$27.5 \pm 1.3$
Masa grasa (%)	$25.47 \pm 5.08$
MET	$436 \pm 218$

Nota: Los valores se presentan con media  $\pm$  DE. IMC = Índice de masa corporal; MET = Equivalente metabólico de la tarea.

En la Tabla 3 se muestran las intensidades metabólicas alcanzadas en la prueba al  $\text{Fat}_{\text{max}}$ . La velocidad promedio a la cual se encontró el  $\text{Fat}_{\text{max}}$  fue de  $2.43 \pm 0.56$  mph, a una intensidad de  $23.67 \pm 4.15$  %  $\text{VO}_{2\text{max}}$  y con una frecuencia cardiaca media de  $90.44 \pm 11.07$  lat/min. La oxidación de lípidos fue la cuarta parte de la oxidación de los carbohidratos.

**Tabla 3***Datos obtenidos en la prueba de Fat<sub>max</sub>.*

Prueba al Fat <sub>max</sub>	
TRR	0.89 ± 0.03
Frecuencia cardiaca (lat/min)	90.44 ± 11.07
LIPox (g/min)	0.20 ± 0.08
CHOox (g/min)	0.84 ± 0.22
% VO <sub>2max</sub>	23.67 ± 4.15
Velocidad	2.43 ± 0.56

Nota: Los valores se presentan con media DE. TRR = Tasa de recambio respiratorio; LIPox = tasa de oxidación de lípidos; CHOox = tasa de oxidación de carbohidratos.

Podemos observar en la Tabla 4 que la TRR se incrementó en 5 unidades posterior a la ingesta de alimento, en cambio el Lipox disminuyó 3 unidades y CHOox aumentó 12 unidades.

**Tabla 4***Modificaciones en el metabolismo energético en condiciones basales y durante 3 horas posteriores al alimento alto en carbohidratos.*

Reposo con alimento alto en carbohidratos				
	Basal	Hora 1	Hora 2	Hora 3
TRR	0.89 ± 0.02*	0.94 ± 0.03	0.94 ± 0.03	0.95 ± 0.03
Lipox (g/min)	0.07 ± 0.01*	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.03	0.03 ± 0.03
CHOox (g/min)	0.27 ± 0.04*	0.39 ± 0.06	0.40 ± 0.06	0.40 ± 0.06

Nota: Los valores se presentan con media ± DE. TRR = Tasa de recambio respiratorio; Lipox = Oxidación de lípidos; CHOox = Oxidación de carbohidratos. \* Diferencia significativa de TRR, Lipox & CHOox basal con respecto a la hora 1 después del alimento  $p < 0.05$ .

En la Tabla 5, no se encontró diferencias significativas en la modificación del metabolismo energético.

**Tabla 5**

*Modificaciones en el metabolismo energético en condiciones basales y durante 3 horas posteriores al alimento alto en lípidos.*

Reposo con alimento alto en lípidos				
Variables	Basal	Hora 1	Hora 2	Hora 3
TRR	0.91 ± 0.06	0.88 ± 0.04	0.88 ± 0.03	0.90 ± 0.04
Lipox (g/min)	0.04 ± 0.04	0.07 ± 0.03	0.07 ± 0.02	0.06 ± 0.02
CHOox (g/min)	0.33 ± 0.13	0.30 ± 0.10	0.31 ± 0.08	0.34 ± 0.08

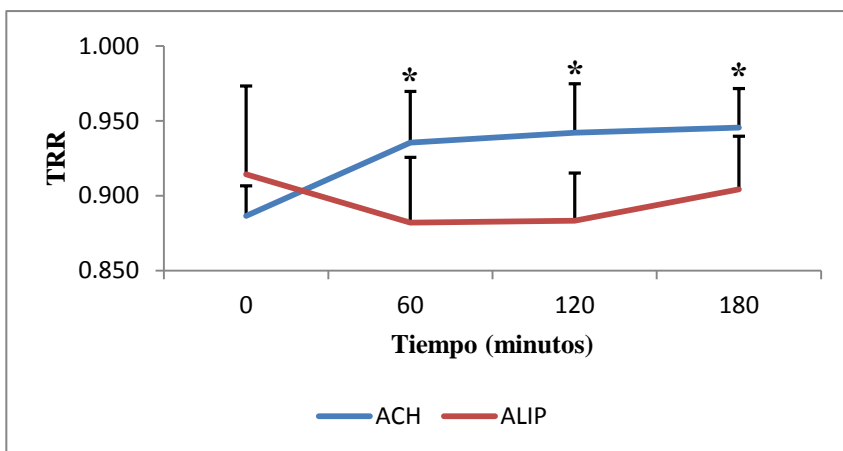
Nota: Los valores se presentan con media ± DE. TRR = Tasa de recambio respiratorio; Lipox = Oxidación de lípidos; CHOox = Oxidación de carbohidratos.

Se puede observar que la tasa de recambio respiratorio se incrementa con el alimento alto en carbohidratos, en cambio disminuye con el alimento alto en lípidos. A partir del consumo del alimento se muestra una diferencia significativa en la TRR en las 3 mediciones siguientes (Figura 2).



**Figura 2**

Cambios registrados en la tasa de recambio respiratorio (TRR) durante la sesión de reposo.

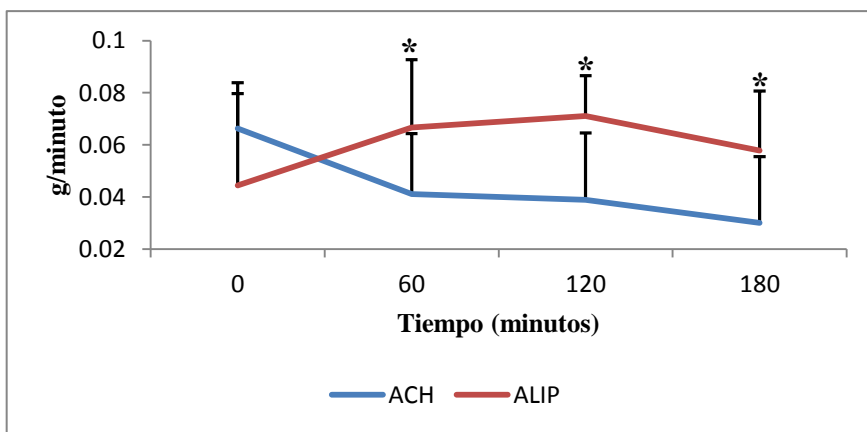


\* Diferencia significativa en Tasa de recambio respiratorio (TRR) entre el protocolo con alimento alto en carbohidratos (ACH) y alimento alto en lípidos (ALIP)  $p < 0.05$ .

En la Figura 3 se observa, que la oxidación de lípidos en g/min se incrementa con el alimento alto en lípidos, por el contrario con el alimento alto en carbohidratos disminuye con una duración 3 horas después de consumido el batido.

**Figura 3**

Cambios registrados la oxidación de lípidos en gramos por minuto (g/minuto) durante la sesión de reposo.

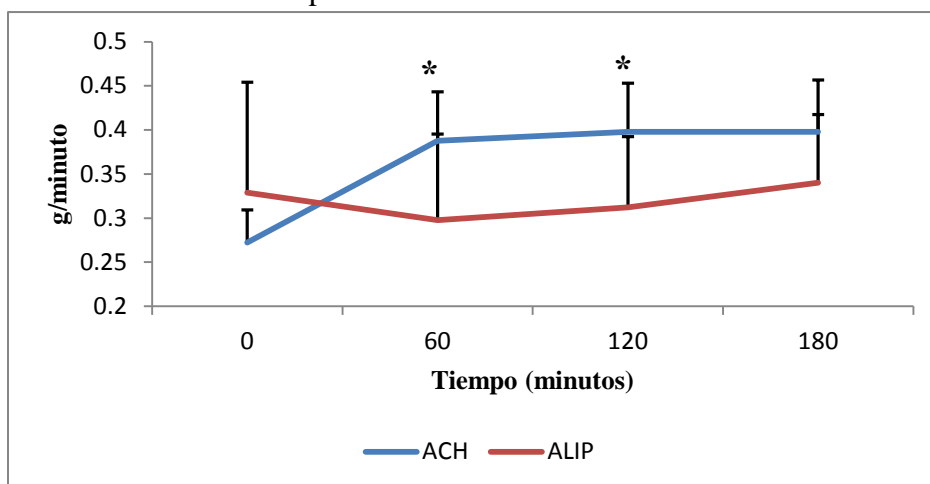


\* Diferencia significativa en la tasa metabólica entre el protocolo con alimento alto en carbohidratos (ACH) y alimento alto en lípidos (ALIP)  $p < 0.05$ .

La oxidación de carbohidratos se incrementa con el alimento alto en carbohidratos, mientras que el de lípidos se ve disminuido. La influencia del consumo del batido alto en carbohidratos tuvo una duración de 2 horas después de consumida (Figura 4).

**Figura 4**

Cambios registrados la oxidación de carbohidratos en gramos por minuto (g/minuto) durante la sesión de reposo.



\* Diferencia significativa en la tasa metabólica entre el protocolo con alimento alto en carbohidratos (ACH) y alimento alto en lípidos (ALIP)  $p < 0.05$ .

Las modificaciones del metabolismo energético fueron estadísticamente significativas en el aumento de la tasa de recambio respiratorio (TRR) con 6 unidades. El CHOox incrementó 13 unidades 1 hora después de ingerido el alimento alto en carbohidratos (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Influencia del alimento alto en carbohidratos sobre la tasa metabólica en protocolo de ejercicio al  $Fat_{max}$ .*

Ejercicio con alimento alto en carbohidratos					
Variables	Basal	Pre alimento	Hora 1	Hora 2	Hora 3
TRR	0.90 ± 0.05	0.88 ± 0.05*	0.94 ± 0.05	0.94 ± 0.05	0.95 ± 0.05
Lipox (g/min)	0.05 ± 0.03	0.07 ± 0.03	0.04 ± 0.04	0.04 ± 0.03	0.03 ± 0.04
CHOox (g/min)	0.29 ± 0.08	0.26 ± 0.07*	0.39 ± 0.07	0.40 ± 0.07	0.41 ± 0.09

Nota: Los valores se presentan con media ± DE. TRR = Tasa de recambio respiratorio; Lipox = Oxidación de lípidos; CHOox = Oxidación de carbohidratos. \* Diferencia significativa de TRR & CHOox Pre alimento con respecto a la hora 1 después del alimento  $p < 0.05$ .

En la Tabla 7 se muestra una disminución en la TRR de 7 unidades en basal con respecto al Pre alimento, mientras que LIPOx aumento 3 unidades y CHOox disminuyo 9 unidades.

**Tabla 7**

*Influencia del alimento alto en lípidos sobre la tasa metabólica en protocolo de ejercicio al  $Fat_{max}$ .*

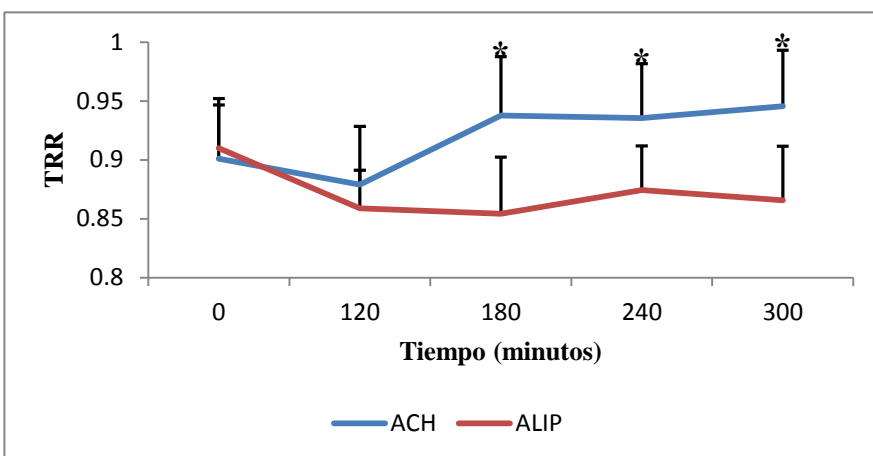
Ejercicio con alimento alto en lípidos					
Variables	Basal	Pre alimento	Hora 1	Hora 2	Hora 3
TRR	0.91 ± 0.04*	0.86 ± 0.03	0.85 ± 0.05	0.87 ± 0.04	0.87 ± 0.05
Lipox (g/min)	0.04 ± 0.02*	0.07 ± 0.02	0.08 ± 0.03	0.08 ± 0.02	0.08 ± 0.04
CHOox (g/min)	0.32 ± 0.07*	0.23 ± 0.05	0.25 ± 0.08	0.28 ± 0.08	0.28 ± 0.09

Nota: Los valores se presentan con media ± DE. TRR = Tasa de recambio respiratorio; Lipox = Oxidación de lípidos; CHOox = Oxidación de carbohidratos. \* Diferencia significativa de TRR, Lipox & CHOox basal con respecto al Pre alimento  $p < 0.05$ .

En la Figura 5 se muestra un aumento de TRR estadísticamente significativo en el protocolo con alimento alto en carbohidratos a partir de la primera hora de consumido el alimento. Se mantuvo la diferencia en las 3 últimas horas.

### Figura 5

Cambios registrados en la tasa de recambio respiratorio durante la sesión de ejercicio.

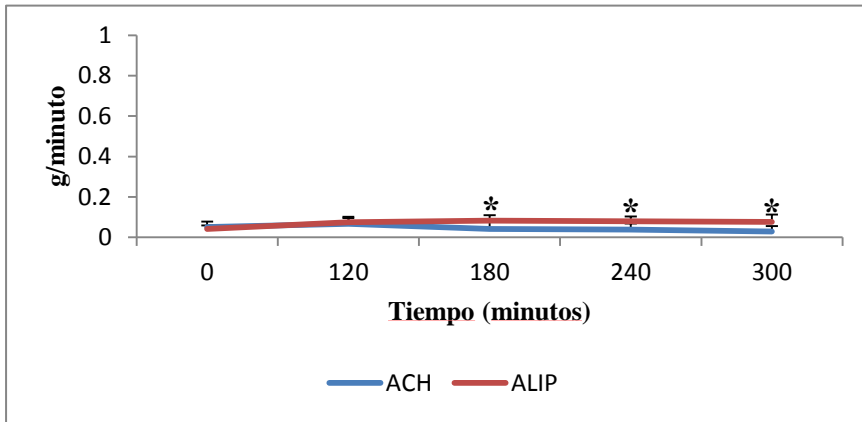


\* Diferencia significativa en la tasa de recambio respiratorio (TRR) en las mediciones de calorimetría entre el protocolo con alimento alto en carbohidratos (ACH) y alimento alto en lípidos (ALIP)  $p < 0.05$ .

Modificación estadísticamente significativo en el aumento en la oxidación de lípidos (g/min) con el alimento alto en lípidos a partir de la segunda hora del protocolo, es decir, después de la primera hora después de ingerido el alimento. Se mantuvo el aumento las 3 horas posteriores (Figura 6).

### Figura 6

Cambios registrados la oxidación de lípidos en gramos por minuto (g/minuto) durante la sesión de reposo.

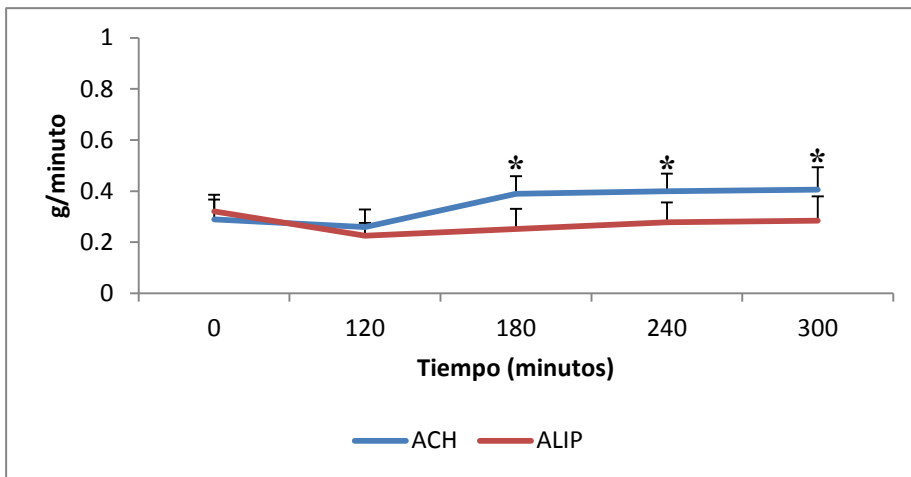


\* Diferencia significativa en la tasa metabólica entre el protocolo con alimento alto en carbohidratos (ACH) y alimento alto en lípidos (ALIP)  $p < 0.05$ .

La oxidación de carbohidratos (g/min) se muestra estadísticamente significativo con el alimento alto en carbohidratos a partir del minuto 180 y con un mantenimiento de 3 horas posteriores (Figura 7).

### Figura 7

Cambios registrados la oxidación de carbohidratos en gramos por minuto (g/minuto) durante la sesión de reposo.



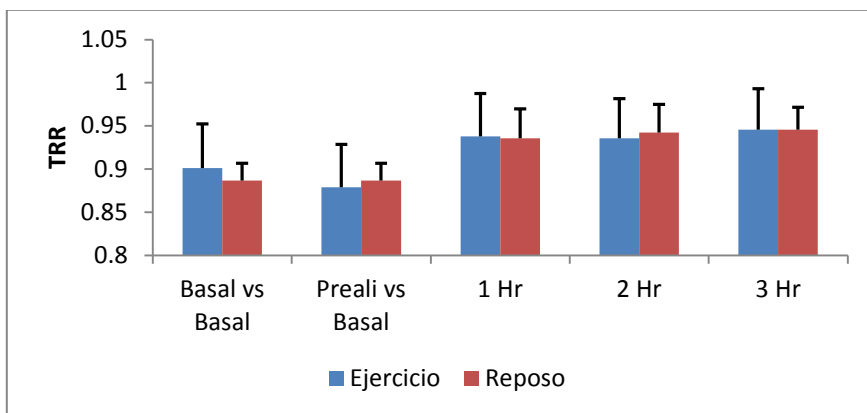
\* Diferencia significativa en la tasa metabólica entre el protocolo con alimento alto en carbohidratos (ACH) y alimento alto en lípidos (ALIP)  $p < 0.05$ .

Se comparó ambos protocolos (reposo y ejercicio al  $Fat_{max}$  para observar la diferencia en la oxidación de lípidos y carbohidratos, con respecto al tiempo.

En la Figura 8, no se muestra ninguna diferencia estadística en las modificaciones en la tasa de recambio respiratorio comparando ambos protocolos con el alimento alto en carbohidratos.

### Figura 8

Comparación de tasa de recambio respiratorio (TRR) entre el protocolo de ejercicio y reposo con alimento alto en carbohidratos.

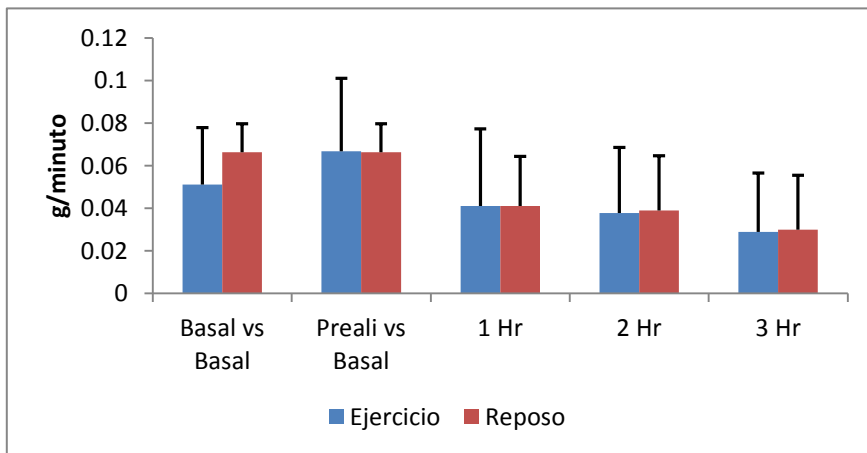


TRR = Tasa de recambio respiratorio; Preali = Pre alimento.

En la Figura 9, no se muestra ninguna diferencia en la oxidación de lípidos entre ambos protocolos con el alimento alto en carbohidratos.

### Figura 9

Comparación oxidación de lípidos en gramos por minuto (g/minuto) entre el protocolo de ejercicio y reposo con alimento alto en carbohidratos.

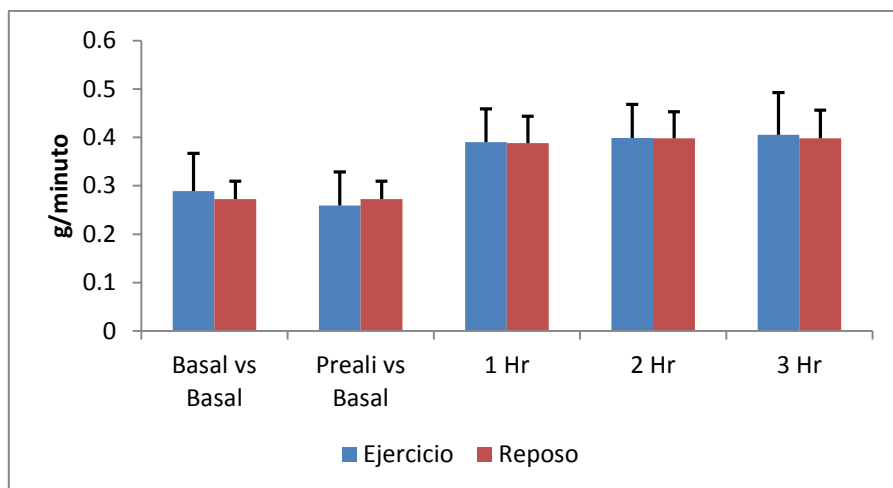


Preali = Pre alimento.

En la Figura 10, no se muestra ninguna diferencia estadística en las modificaciones del metabolismo energético en la oxidación de carbohidratos..

### Figura 10

Comparación oxidación de carbohidratos en gramos por minuto (g/minuto) entre el protocolo de ejercicio y reposo con alimento alto en carbohidratos.



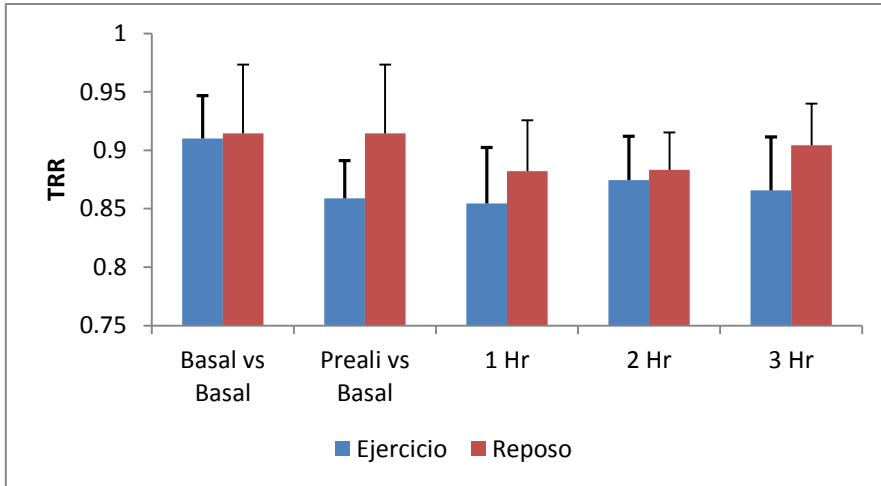
Preali = Pre alimento.

En una comparación de protocolo de ejercicio y reposo con alimento alto en lípidos, no hubo diferencias significativas en la tasa de recambio respiratorio mostrado en la Figura 11.

### Figura 11

Comparación de tasa de recambio respiratorio (TRR) entre el protocolo de ejercicio y reposo con alimento alto en lípidos.



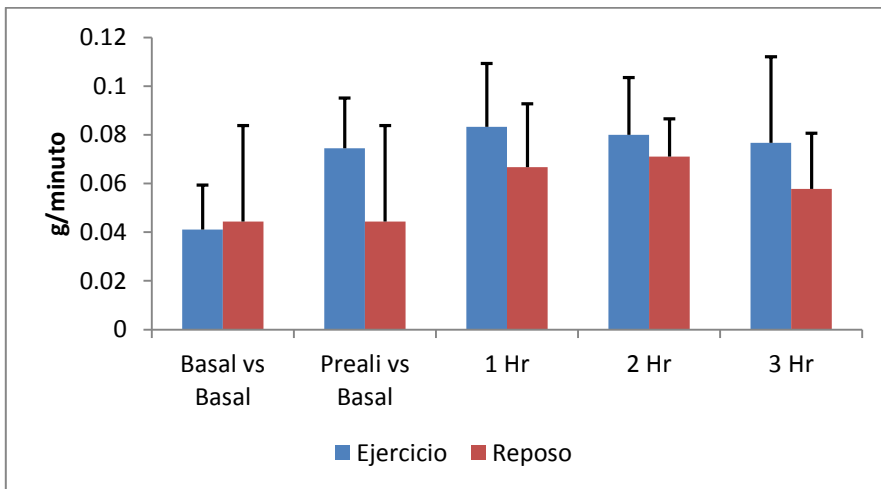


TRR = Tasa de recambio respiratorio; Preali = Pre alimento.

En la Figura 12, no se muestra ninguna diferencia estadística oxidación de lípidos entre ambos protocolos con el batido alto en lípidos .

**Figura 12**

Comparación oxidación de lípidos en gramos por minuto (g/minuto) entre el protocolo de ejercicio y reposo con alimento alto en lípidos.

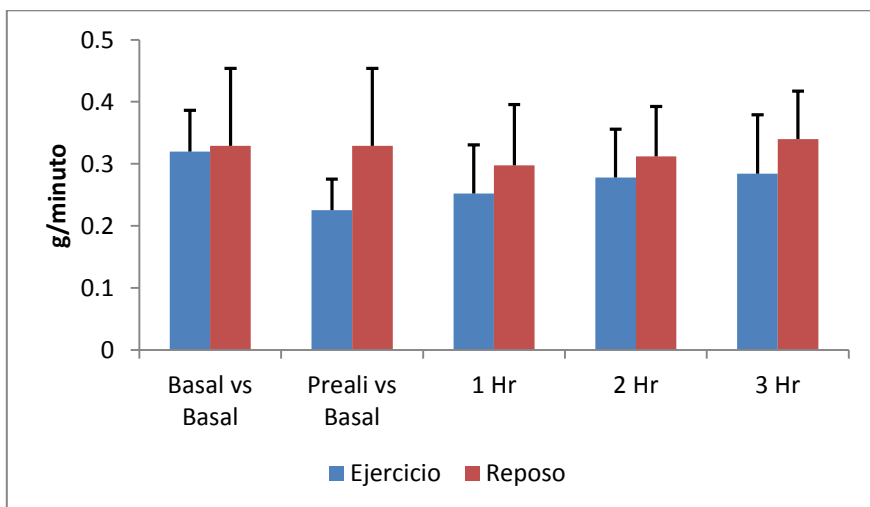


Preali = Pre alimento.

En la Figura 13, la oxidación de carbohidratos comparados en ambos protocolos no muestra ninguna diferencia estadística en las modificaciones del metabolismo energético.

### Figura 13

Comparación oxidación de carbohidratos en gramos por minuto (g/minuto) entre el protocolo de ejercicio y reposo con alimento alto en lípidos.



Preali = Pre alimento.

## Capítulo IV

### Discusión

El metabolismo energético es el conjunto de reacciones químicas mediante las cuales las células oxidan los nutrientes para obtener energía. Por lo tanto, en esta investigación tuvo como propósito identificar y comparar la influencia del alimento alto en carbohidratos y el alimento alto en lípidos sobre el metabolismo energético en reposo y en ejercicio al  $Fat_{max}$ . Sobre todo, se pretendió examinar la modificación de la utilización de sustratos a través del tiempo. A continuación, se estarán discutiendo los principales hallazgos de este estudio.

De los resultados obtenidos en este trabajo se puede deducir que la utilización de los lípidos y carbohidratos como sustratos energéticos aumenta por el consumo de estos. Es decir, al consumir mayor cantidad de lípidos aumenta la oxidación de las grasas, lo mismo para los carbohidratos. Este fenómeno se puede observar después de una hora de haber consumido el alimento. Bergouignan, Antoun, Momken, Schoeller, Gauquelin-Koch, Simon y Blanc (2013) mencionan que el tipo de alimento consumido modifica la tasa metabólica sustentando los resultados de esta investigación.

Por otro lado, de estos datos se puede concluir que el macronutriente de lípidos mantiene una influencia sobre el metabolismo energético de 3 horas después de consumido el alimento en ambos protocolos, mientras que los carbohidratos en el protocolo de reposo solo tiene una duración de dos horas después de ingerido el alimento.

De los datos obtenidos, los valores en reposo con carbohidratos se vieron modificados significativamente a la primera hora de haber sido consumido, mientras que con el batido alto en lípidos no tuvo esa alteración de valores. Sin embargo, en el protocolo de ejercicio al  $Fat_{max}$  con lípidos hubo una alteración de los valores aumentando la oxidación de grasa una hora después de realizado el ejercicio, aunque no aumentó más después de consumir el alimento alto en grasa, mientras que en carbohidratos solo aumentó el TRR y  $CHO_{ox}$  a favor de la utilización de los carbohidratos después de consumir el batido. No contraponiéndose a los resultados obtenidos por Phinney, Bistrian, Evans, Gervino y Blackburn donde la dieta cetogénica disminuye la oxidación de carbohidratos.

Los resultados de esta investigación difieren con la teoría de Vittori, Manners, Belli, Corazza y Latessa, sin embargo, los resultados de este documento respaldan los datos encontrados por Pillard, et ál.

Comparando el protocolo de reposo vs. ejercicio al Fat<sub>max</sub> con predominancia al macronutriente de los lípidos no hay diferencia en la modificación del metabolismo energético, de la misma manera cuando se comparó ambos protocolos pero con el consumo de carbohidratos.

### ***Aportaciones y sugerencias***

Se sugiere monitorear el 100% de las actividades realizadas por los participantes, el tipo de alimento a consumir y las porciones. Una opción podría ver las modificaciones del metabolismo energético antes de la realización del ejercicio al Fat<sub>max</sub> y realizar el protocolo más extenso para saber cuánto se puede bajar de peso con el ejercicio al Fat<sub>max</sub>, esto para beneficiar a cada uno de los participantes y la población en general, y enriquecer el conocimiento de los investigadores.

## Capítulo V

### Conclusión

De acuerdo a la investigación hecha el alimento tiene influencia sobre la tasa metabólica, el gasto energético y el sustrato que se utiliza como fuente de energía. Después de consumir el alimento alto en lípidos en ambos protocolos, tanto en ejercicio como en reposo, la oxidación de grasa aumenta con una duración de tres horas después de consumido. El alimento alto en carbohidratos en ambos protocolos, aumenta la influencia de oxidación de este sustrato como principal fuente de energía.

Por el contrario, no existe diferencia significativa entre el protocolo de ejercicio a  $Fat_{max}$  y la sesión en reposo.

## Referencias

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2004). Optimizing Fat Oxidation Through Exercise and Diet. *Nutrition*, 20 (7/8). 716-727
- Achten, J., Venables, M., & Jeukendrup, A. (2003). Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities. *Metabolism*. 52(6). 747-752.
- Bergouignan A, Antoun E, Momken I, Schoeller DA, GauquelinKoch G, Simon, C. & Blanc S. (2013). *Effect of contrasted levels of habitual physical activity on metabolic flexibility. J Appl Physiol* 114: 371–379.  
DOI:10.1152/jappphysiol.00458.2012
- Burke, L., Claassen, A., Hawley, J., & Noakes, T. (1998). Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes effect of glycemic index of preexercise meal. *Journal of Applied Physiology*, 85(6), 2220–2226.
- Crisp, N. A., Guelfi, K. J., Licari, M. K., Braham, R., & Fournier, P. A. (2012). Does exercise duration affect Fatmax in overweight boys? *European Journal of Applied Physiology*. 112. 2557-2564.
- Curi, R., Lagranha, C., Hirabara, S., Foador, A., Tchaikovski, O., Fernandes, L., Pellegrinotti, I., Pithon, T., y Procopio, J. (2008). Uma etapa limitante para a oxidação de ácidos graxos durante o exercício aeróbio: o ciclo de Krebs. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 11(2), 87-94.
- Dulce Soto, (2018, 6 de enero). Son sedentarios el 56.7% de adultos.- Inegi. Recuperado de <https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?id=1308858&urlredirect=https://www.reforma.com/aplicaciones/articulo/default.aspx?id=13088>
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino (ENSANUT MC), (2016). (1-149). Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/209093/ENSANUT.pdf>

- Fontan, J., y Amadio, M. (2015). O uso do carboidrato antes da atividade física como recurso ergogênico: revisão sistemática. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 21(2), 153–157. DOI:10.1590/1517-86922015210201933
- Foster, K., Holt, S., & Brand J. (2002). *International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1).
- Ghanbari, A., & Zare, N. (2016). *Maximal Lipid Oxidation (Fat max) in Physical Exercise and Training: A review and update. Annals of Applied Sports Science*, 4 (3), 01-10. DOI: 10.18869/acadpub.aassjournal.4.3.1
- Huerta, A., Galdames, S., y Cáceres, P. A. (2017). Validación del test de 6 minutos de carrera como predictor del consumo máximo de oxígeno en el personal naval. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 46(4).
- Jeukendrup, A. & Achten, J. (2001). Fatmax: A new concept to optimize fat oxidation during exercise?. *European Journal of Sport Science*.  
<http://dx.doi.org/10.1080/17461390100071507>
- Lanzi, S., Codecasa, F., Cornacchia, M., Maestrini, S., Capodaglio, P., Brunani, A., et ál. (2015). Short-term HIIT and Fat<sub>max</sub> training increase aerobic and metabolic fitness in men with class II and III obesity. *Obesity A Research Journal*.  
<https://doi.org/10.1002/oby.21206>
- Martin, R., y Cléménçon, M. (2014). Fisiología cardiorrespiratoria del movimiento. *EMC - Kinesiterapia - Medicina Física*, 35(4), 1–10. DOI:10.1016/s1293-2965(14)69148-9
- Murrey, R., Bender, D., Botham, K., Kennelly, P., Rodwell, V., y Weil, P. A. (29a). (2012). Harper Bioquímica Ilustrada. Álvaro Obregon, México: McGrill Hill.
- Nelson, D., y Cox, M. (2009). *Lehninger Principios de bioquímica*. (5ta) Barcelona, España. Omega.
- Özgüven, K. T., Özdemir, Ç., Korkmaz-Eryılmaz, S., Kilci, A., Günaştı, Ö., & Kurdak, S. S. (2019). A comparison of the maximal fat oxidation rates of three different time periods in the fatmax stage. *Journal of Sports Science and Medicine*. 18, 44-51.

- Pérez, J. (2008). Las dietas cetogénicas: fundamentos y eficacia para la pérdida de peso. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 59 (2), 126-131.
- Phinney, S., Bistrian, B., Evans, W., Gervino, E., & Blackburn, G. (1983). The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: Preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation. *Metabolism*, 32(8), 769–776. doi:10.1016/0026-0495(83)90106-3
- Pillard, F., Moro, C., Harant, I., Garrigue, E., Lafontan, M., Berlan, M., Crampes, F., de Glisezinski, I., & Riviere, D. (2007). Lipid Oxidation According to Intensity and Exercise Duration in Overweight Men and Woman. *Obesity*.15 (9). 2256-2262.
- Quinn, P., & Wang, X. (2008). Lipids in health and disease (Vol. 49). *Springer Science & Business Media*.
- Rami, M., Habibi, A., & Shakerian, S. (2013). Comparison between FATMax and Maximal Fat Oxidation in Active and Sedentary Males. *Jentashapir J. Health Res.*; 5(2); 53-64.
- Rosenkilde, M., Nordby, P., Nielsen, L. B., Stallknecht, B. M., & Helge, J. W. (2010). Fat oxidation at rest predicts peak fat oxidation during exercise and metabolic phenotype in overweight men. *International Journal of Obesity*, 34. 871-877.
- Sanhueza, J., Nieto, S., y Valenzuela, A. (2002). Ácido linoleico conjugado: un ácido graso con isomería trans potencialmente beneficioso. *Revista chilena de nutrición*, 29(2). DOI: 10.4067/S0717-75182002000200004
- Uribe, R., Jiménez, A., Morales, MC., Salazar, A. A., y Shamah, T. (2018). Percepción del peso corporal y de la probabilidad de desarrollar obesidad en adultos mexicanos. *Salud Pública de México*, 60(3). 254-262. <https://doi.org/10.21149/8822>
- Vittori, L. N., Manners, D. N., Belli, G., Corazza, I., & Latessa, P. M. (2015). A rapid and automated method to determine appropriate exercise parameters for tailored substrate consumption during aerobic exercise. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 15(2). DOI: 10.1142/S0219519415400382.
- Voet, D., & Voet, J. G. (2). (1995). *Biochemistry*. Nueva York, USA. Editorial: Wiley.



Zavala, R. (2019). Efecto Agudo de un Alimento Alto en Carbohidratos y Ejercicio Físico sobre la Tasa Metabólica [tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez].

## Anexos

### Anexo1: Aprobación del Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

**Comité Institucional de Ética y Bioética de la UACJ**

**UACJ** | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

CIBE-2018-1-11

Ciudad Juárez, Chihuahua, a 29 de mayo de 2018.

**Dr. Arnulfo Ramos Jiménez**  
Laboratorio de Fisiología del Ejercicio

Estimado Dr. Ramos, con relación a su atento escrito de fecha 9 de mayo de 2018, donde da respuesta a las observaciones realizadas por el Comité Institucional de Ética y Bioética (CIEB) al Protocolo de investigación "Efecto agudo de la dieta y el ejercicio aeróbico sobre el metabolismo energético y la utilización de macro-nutrientes en sujetos con obesidad", presentado por el estudiante Isaac Armando Chávez Guevara y del que usted es Director, se hacen las siguientes consideraciones.

- Entre los objetivos que tiene a su cargo el CIEB, se encuentra el deber de "contribuir a salvaguardar la dignidad, derechos, seguridad y bienestar de todos los actuales o potenciales participantes en la investigación".
- Para el cumplimiento de éste y sus otros objetivos, el CIEB está integrado por personal académico de diversas disciplinas e institutos, y realiza su mejor esfuerzo a fin de "asesorar a los investigadores para la realización óptima de sus estudios, en apego a la normatividad ética y bioética nacional e internacional."
- Respetuoso de la libertad de investigación y con pleno reconocimiento a las capacidades de quienes realizan investigación y docencia en la UACJ, institución de la que el CIEB es parte, con sus acciones atiende el propósito de "difundir y promover los principios y buenas prácticas de tal manera que se salvaguarde la ética y bioética de las investigaciones", si bien en este empeño siempre se está en un proceso continuo de actualización y mejora.
- Al respecto, la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (AMM), señala, en sus Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos, 64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre de 2013:
  17. Toda investigación médica en seres humanos debe ser precedido de una cuidadosa comparación de los riesgos y los costos para las personas y los grupos que participan en la investigación, en comparación con los beneficios previsible para ellos y para otras personas o grupos afectados por la enfermedad que se investiga. **Se deben implementar medidas para reducir al mínimo los riesgos.** Los riesgos deben ser monitoreados, evaluados y documentados continuamente por el investigador.
  26. En la investigación médica en seres humanos capaces de dar su consentimiento informado, cada participante potencial debe recibir información adecuada acerca de los objetivos, métodos, fuentes de financiamiento, posibles conflictos de intereses, afiliaciones institucionales del investigador, beneficios calculados, riesgos previsible e incomodidades derivadas del experimento, estipulaciones post estudio y todo otro aspecto pertinente de la investigación. El participante potencial debe ser informado del derecho de participar o no en la investigación y de retirar su consentimiento en cualquier momento, sin exponerse a represalias. **Se debe prestar especial atención a las necesidades específicas de información de cada participante potencial, como también a los métodos utilizados para entregar la información.** (Los párrafos 26, 27, 28 y 29 han sido revisados editorialmente por el Secretariado de la AMM el 5 de mayo de 2015. Negritas por el CIEB).
- Por su parte, el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, indica:

**ARTICULO 21** - para que el consentimiento informado se considere existente, el sujeto de investigación o, en su caso, su representante legal deberá recibir una explicación [clara] y completa, de tal forma que pueda comprenderla, por lo menos, sobre los siguientes aspectos:

  - I. La justificación y los objetivos de la investigación;
  - II. Los procedimientos que vayan a usarse y su propósito, incluyendo la identificación de los procedimientos que son experimentales;
  - III. Las molestias o los riesgos esperados;
  - IV. Los beneficios que puedan observarse;
  - V. Los procedimientos alternativos que pudieran ser ventajosos para el sujeto;

Av. Plutarco Elías Calles 1210 • Fovissste Chamizal • C.P. 32310 • A. P. 100 • Ciudad Juárez, Chh., México • Tel. (656) 688 2296 • P. O. Box 10307, El Paso, Tx. 79994.

## Comité Institucional de Ética y Bioética de la UACJ

UACJ | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE CIUDAD JUÁREZ

- VI. La garantía de recibir respuesta a cualquier pregunta y aclaración a cualquier duda acerca de los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación y el tratamiento del sujeto;
- VII. La libertad de retirar su consentimiento en cualquier momento y dejar de participar en el estudio, sin que por ello se creen prejuicios para continuar su cuidado y tratamiento;
- VIII. La seguridad de que no se identificará al sujeto y que se mantendrá la confidencialidad de la información relacionada con su privacidad;
- IX. El compromiso de proporcionarle información actualizada obtenida durante el estudio aunque ésta pudiera afectar la voluntad del sujeto para continuar participando;
- X. **La disponibilidad de tratamiento médico y la indemnización a que legalmente tendría derecho, por parte de la institución de atención a la salud, en el caso de daños que la ameriten, directamente causados por la investigación, y**
- XI. **Que si existen gastos adicionales, éstos serán absorbidos por el presupuesto de la investigación. (Negritas por el CIEB).**

Como se puede observar, el énfasis del CIEB en la prevención de posibles riesgos a las personas participantes en la investigación, está sustentando, y su respuesta da cuenta de que estas provisiones forman parte de las que usualmente son consideradas en sus proyectos, al incorporarlo al protocolo se da por atendido.

Por otra parte, uno de los criterios que el CIEB considera en la redacción de todo consentimiento informado, consiste en que éste pueda ser comprendido por cualquier persona que sea potencial participante en el proyecto de investigación. En este sentido, el uso de lenguaje técnico puede no ser apropiado en todos los casos, por ejemplo: "Comprobar que el ejercicio aeróbico realizado a una intensidad del 40% del consumo máximo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2max</sub>) acelera la oxidación de grasas en sujetos sedentarios con obesidad", requiere de conocimiento previo, el que probablemente poseen las personas que serán seleccionadas como sujetos de investigación para este proyecto en particular, aspecto que no es factible definir con la información disponible en el protocolo y/o formato de consentimiento presentados.

Finalmente, el CIEB resolvió, después de atender recomendaciones, extender el presente

### DICTAMEN FAVORABLE

Sin otro particular, el CIEB reitera su compromiso de seguir desempeñando sus actividades con apego a la normatividad ética y bioética nacional e internacional, con el propósito de colaborar en todo momento con las y los investigadores de nuestra institución.



Dr. Sergio Pacheco González  
Presidente del Comité Institucional  
de Ética y Bioética de la UACJ



Dra. Gwendolyne Peraza Mercado  
Secretaria del Comité Institucional  
de Ética y Bioética de la UACJ

### Anexo 3: Carta de Consentimiento Informado

**Universidad Autónoma de Ciudad Juárez**

**Instituto de Ciencias Biomédicas**

**Licenciatura en Nutrición**

**Carta de Consentimiento Informado**



Se está realizando una investigación cuyo objetivo es determinar la principal fuente de energía en reposo y post-ejercicio y comparar los efectos metabólicos de un alimento alto en carbohidratos y otro alto en lípidos. Por lo cual se le invita a participar en la presente investigación.

Los datos obtenidos serán tratados con total confidencialidad y ética; los participantes no recibirán alguna retribución monetaria; los beneficios que obtendrán al final de este estudio engloban conocer su composición corporal (masa grasa, muscular y ósea), su requerimiento energético y su máxima oxidación de grasas, los cuales les serán brindados al finalizar este estudio.

Este estudio será realizado en un total de seis sesiones donde se evaluará el estado general de salud, la composición corporal, la determinación del gasto calórico, prueba de ejercicio y determinación del metabolismo energético por medio de los dos alimentos. Esto no tiene ningún riesgo para la salud y será tratado por personal capacitado. La participación en este estudio es absolutamente voluntaria, la cual puede abandonarse si así lo desea.

Una vez comprendido y entendido todo lo anterior, yo:  
\_\_\_\_\_ acepto de manera voluntaria participar en la presente investigación.

\_\_\_\_\_

Firma paciente

\_\_\_\_\_

Firma testigo

\_\_\_\_\_

Firma tesista

### Anexo 3: Historial Clínico

#### CUESTIONARIO DE SALUD

##### Historia Médica e informe de Lesiones

Fecha \_\_\_\_\_

Nombre completo \_\_\_\_\_

Sexo: Hombre    Mujer

Fecha de nacimiento \_\_\_\_\_ Lugar de nacimiento

\_\_\_\_\_

DD MM AA

Dirección:

Calle y

Número \_\_\_\_\_

Código Postal \_\_\_\_\_ Colonia \_\_\_\_\_

Ciudad \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Teléfono particular ( ) \_\_\_\_\_

Teléfono de trabajo ( ) \_\_\_\_\_ ext \_\_\_\_\_

Teléfono celular \_\_\_\_\_

Servicio Médico con el que cuenta:

IMSS

ISSSTE

Pensiones

Otro \_\_\_\_\_

Número o clave del servicio médico:

\_\_\_\_\_

Fecha del último examen médico \_\_\_\_\_

DD MM AA

Fecha del último examen dental \_\_\_\_\_

DD MM AA

Alergias:

\_\_\_\_\_

Medicamentos que está tomando actualmente:

\_\_\_\_\_

-----

-----

En caso de urgencia notificar a:	
Nombre	
Dirección	
Teléfono (s)	
Parentesco	

### Historia familiar

Por favor, identifique cualquier problema de salud que haya ocurrido en su familia (padres, abuelos ó hermanos consanguíneos).							
			quién				quién
Alguien menor a 50 años ha muerto súbitamente	si	no		Alergias o asma	si	no	
Alta presión arterial	si	no		Anemias	si	no	
Problemas de corazón	si	no		Diabetes	si	no	
Cáncer o tumores	si	no		Epilepsia	si	no	
Migrañas	si	no		Desordenes de riñón y vejiga	si	no	
Problemas emocionales	si	no		Desórdenes de estómago	si	no	
				Alteraciones genéticas	si	no	

Número de hermanos y hermanas					
-------------------------------	--	--	--	--	--

### Historia personal

Ha tenido o tiene alguno de los siguientes problemas de salud		
si	no	Dificultades con sus ojos o con la visión
si	no	Dificultades con su nariz o garganta
si	no	Problemas con sus oídos
si	no	Dolor de cabeza, mareos, debilidad, fatiga o problemas de coordinación o equilibrio (subraye cuáles)
si	no	Adormecimiento en cualquier parte de su cuerpo
si	no	Peligro de conmoción (pérdida de conocimiento) ó algo de temblor de alguna parte de su cuerpo
si	no	Tos, dificultad de respirar, dolor en el pecho o palpitaciones
si	no	Poco apetito, vómito, dolor abdominal, estreñimiento (subraye)
si	no	Rigidez muscular, inchamiento, dolor de músculos y /o huesos (subraye cuáles)
si	no	Algún problema de la piel como dolor, comezón, enrojecimiento o sensación de calor, etc.
si	no	¿Algún otro síntoma?

Ha tenido ó le han dicho que ha tenido o consultado con un médico por alguno de los siguientes padecimientos:		
si	no	Diabetes, bocio (hipo o hipertiroidismo) o alguna enfermedad de alguna glándula endocrina
si	no	Epilepsia
si	no	Desordenes nerviosos o cualquier enfermedad del cerebro o sistema nervioso
si	no	Problemas del corazón o fiebre reumática
si	no	Venas varicosas, flebitis o hemorroides

si	no	Alguna enfermedad de la sangre, formación fácil de moretones o tendencia de sangrado
si	no	Tuberculosis, asma o cualquier enfermedad de los pulmones o alteraciones del Sist. Respiratorio
si	no	Úlceras o cualquier enfermedad del estómago, intestino hígado o vesícula biliar
si	no	Orina con azúcar, sangre o albúmina ó cualquier enfermedad de los riñones u órganos genitourinario
si	no	Artritis, reumatismo, o algún lesión o enfermedad en los huesos, articulaciones, espina dorsal o espalda
si	no	Hernia o cualquier enfermedad de los músculos o la piel
si	no	Cáncer, tumor o cualquier crecimiento en el cuerpo
si	no	Alguna lesión en la cabeza que le ha ocasionado un mareo severo, pérdida de la memoria, vómito, pérdida de la conciencia o requerido atención médica ó hospitalización.
si	no	Problemas con deshidratación (pérdida excesiva de agua y/o sales).
si	no	Alguna vez ha tenido problemas de regulación de su temperatura (incremento súbito y sin causa aparente de la temperatura de su cuerpo arriba de 40.5 °C.
		En caso de que si ¿fue hospitalizado?
si	no	Algún otro desorden de control de la temperatura. Especifique
si	no	Ha estado hospitalizado para ser observado o recibir tratamiento de alguna enfermedad
si	no	¿Ha cambiado su peso en el último año? Perdido _____ kg. Ganado _____ kg.
si	no	¿Qué explicación le da a este cambio de peso? _____
si	no	¿Está últimamente más sediento que anteriormente?
si	no	¿Estas actualmente en un programa de pérdida de peso?
		Si tu respuesta es si. ¿Cuál es tu esquema? Dieta _____ Ejercicio _____ Ambos _____

Drogas, complementos alimenticios y agentes varios.



si	no	¿Está tomando algún medicamento?
si	no	¿Está tomando alguna vitamina?
si	no	¿Esta tomando algún estimulante (anfetamina, benzdina, otros)?
si	no	¿Esta tomando algún agente anabólico (medicamento o suplemento estimulador del crecimiento)
si	no	¿Está tomando pastillas para dormir?
si	no	¿Está tomando algún otro medicamento que se lo haya indicado un médico? ¿Cuál(es)?
si	no	¿Está tomando algún medicamento no indicado por ningún médico? ¿Cuál(es)?
si	no	¿Fuma?
si	no	¿Toma? Si su respuesta es sí ¿Cuánto por semana?
si	no	Alguna vez algún médico le ha dicho que no practique algún(os) deporte(s) por algún período de tiempo. Si su respuesta es si .  ¿Cuál(es) deporte(s)?  ¿Cuánto tiempo?
si	no	¿Usa lentes de contacto cuando practica deporte?

Traumas y lesiones corporales		
si	No	¿Se ha lesionado, alguna vez, sus hombros, brazos, codos, o muñecas?
		¿Si su respuesta es si, la lesión lo incapacito por 1 semana o más?
si	no	¿Se ha lesionado, alguna vez, la cabeza, la columna a nivel cervical, torácico o lumbar o en la región sacro-ilíaca?
si	no	¿Tiene algún dolor en su espalda?

si	no	Si su respuesta es si. ¿Con que frecuencia?  a) rara vez b) ocasionalmente c) frecuentemente d) solo después de ejercicio vigoroso.
si	no	¿Se ha lesionado, alguna vez, su cadera, rodilla, tobillo o pie?
		Si su respuesta fue sí, ¿lo incapacitó por una semana o más?
si	no	¿Se ha lesionado, alguna vez, los cartílagos (meniscos) de alguna articulación?
si	no	¿Ha tenido alguna vez problemas con su rótula (condromalasia o dislocación, etc)?
si	no	¿Le han dicho alguna vez que los ligamentos de sus rodillas se han dislocado?
si	no	¿Le han dicho alguna vez que le truena la rodilla?
si	no	¿Tiene un perno, clavo o placa en su cuerpo como resultado de alguna intervención quirúrgica para unir 2 huesos?
si	no	¿Ha tenido alguna fractura en los últimos 2 años? Si su respuesta es sí, especifica donde y cuando.
si	no	¿Ha sido sometido a alguna intervención quirúrgica? Si su respuesta es si, especifique por qué y cuándo.

Carta Médica: Resumen cronológico de las enfermedades y lesiones contestadas con un SI		
Fecha	Nombre del Médico y dirección que lo atendió (consultorio, hospital, etc)	Naturaleza de la enfermedad o lesión


NOMBRE Y FIRMA DEL

SUJETO \_\_\_\_\_

#### Anexo 4: Formato del IPAQ

<b>Fecha del estudio:</b>			
Nombre:		Fecha de nacimiento:	
Talla (m):	Peso (kg):	IMC:	C. cintura (cm):

USA Spanish version translated 3/2003 - SHORT LAST 7 DAYS SELF-ADMINISTERED version of the IPAQ. Traducido al español por Ramos-Jiménez Arnulfo y Hernández Torres Rosa Patricia.

Estamos interesados en saber acerca de la clase de actividad física que la gente hace como parte de su vida diaria. Las preguntas se referirán acerca del tiempo que usted utilizó siendo físicamente activo(a) en los **últimos 7 días**. Por favor responda cada pregunta aún si usted no se considera una persona activa.

Por favor piense en aquellas actividades que usted hace como parte del trabajo, en el jardín y en la casa, para ir de un sitio a otro, y en su tiempo libre de descanso, ejercicio o deporte. Piense acerca de todas aquellas actividades **vigorosas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **vigorosas** son las que requieren un esfuerzo físico fuerte y le hacen respirar mucho más fuerte que lo normal. Piense *solamente* en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

1. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días realizó usted actividades físicas **vigorosas** como levantar objetos pesados, excavar, aeróbicos, o pedalear rápido en bicicleta?

\_\_\_\_\_ días por semana      Ninguna actividad física vigorosa **Pase a la pregunta 3**

2. ¿Cuánto tiempo en total usualmente le tomó realizar actividades físicas **vigorosas** en uno de esos días que las realizó?

\_\_\_\_\_ horas y/o \_\_\_\_\_ minutos por día      **No sabe/No está seguro(a)**

Piense acerca de todas aquellas actividades **moderadas** que usted realizó en los **últimos 7 días**. Actividades **moderadas** son aquellas que requieren un esfuerzo físico moderado y le hace respirar algo más fuerte que lo normal. Piense *solamente* en esas actividades que usted hizo por lo menos 10 minutos continuos.

3. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días hizo usted actividades físicas **moderadas** tal como cargar objetos livianos, pedalear en bicicleta a paso regular, o jugar dobles de tenis? No incluya caminatas.

\_\_\_\_\_ días por semana      Ninguna actividad física moderada ***Pase a la pregunta***  
5

4. Usualmente, ¿Cuánto tiempo dedica usted en uno de esos días haciendo actividades físicas **moderadas**?

\_\_\_\_\_ horas y/o \_\_\_\_\_ minutos por día      **No sabe/No está seguro(a)**

Piense acerca del tiempo que usted dedicó a caminar en los **últimos 7 días**. Esto incluye trabajo en la casa, caminatas para ir de un sitio a otro, o cualquier otra caminata que usted hizo únicamente por recreación, deporte, ejercicio, o placer.

5. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuántos días caminó usted por al menos 10 minutos continuos?

\_\_\_\_\_ días por semana      No caminó ***Pase a la pregunta 7***

6. Usualmente, ¿Cuánto tiempo gastó usted en uno de esos días **caminando**?

\_\_\_\_\_ horas y/o \_\_\_\_\_ minutos por día      **No sabe/No está seguro(a)**

La última pregunta se refiere al tiempo que usted permaneció **sentado(a)** en la semana en los **últimos 7 días**. Incluya el tiempo sentado(a) en el trabajo, la casa, estudiando, y en su tiempo libre. Esto puede incluir tiempo sentado(a) en un escritorio, visitando amigos(as), leyendo o permanecer sentado(a) o acostado(a) mirando televisión.

7. Durante los **últimos 7 días**, ¿Cuánto tiempo en promedio permaneció **sentado(a)** por día?

\_\_\_\_\_ horas y/o \_\_\_\_\_ minutos por día      **No sabe/No está seguro(a)**



## Anexo 6: Cuestionario de Actividad Física (CAF)

### CUESTIONARIO DE ACTIVIDAD FISICA (CAF)

Nombre:

Fecha:

Dia de la sem:

**Instrucciones:** Cada rectangulo situado a la derecha de la cloumna de horas corresponde a un periodo de 15 minutos. Cada hora esta fraccionada en cuatro periodos de 15 min. Escriba la actividad que usted practica durante cada periodo de 15 min. Si una actividad es practicada durante un largo periodo(por ejemplo dormir), usted puede hacer un trazo horizontal comtinuo en los rectangulos que siguen, hasta que se cambie la actividad.

HORA	MINUTOS			
	0-15	16-30	31-45	46-60
0 a.m.				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12 p.m.				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				

## **Anexo 7: Resumen Autobiográfico**

### RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

L.E.D. RUTH ISABEL REYES DOZAL

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte Con Orientación en Alto Rendimiento

Reporte de Tesina: Efecto agudo de dos tipos de alimento sobre la utilización de lípidos en reposo y posterior a un ejercicio al  $Fat_{max}$  en sujetos con sobrepeso

Campo temático: Entrenadora, terapeuta y preparadora física.

Lugar y fecha de nacimiento: Ciudad Juárez, Chih., el 24 de junio de 1994.

Lugar de residencia: Ciudad Juárez, Chih.

Procedencia académica: Instituto de Ciencias Biomédicas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Experiencia Propedéutica y/o Profesional: Entrenadora de gimnasia artística femenil por 5 años, con campeonas locales, estatales y regionales, preparadora física en gimnasio de pesas, entrenadora de acrobacia en equipos multidisciplinarios como karate, hip hop y danza aérea y terapeuta.

E-mail: iss.reyesdozal@hotmail.com